DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Vierzehnter Jahrgang 29. Januar 1926 Heft 5

Die elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie.

Von Franz Kiebitz, Berlin-Steglitz.

So mannigfaltig auch die Systeme sind, deren sich die drahtlose Telegraphie seither bedient hat, so verschiedenartig die Aufgaben, die ihr gestellt worden sind, und so vielgestaltig die Mittel, die zu ihrer Lösung angewendet worden sind, in einer Hinsicht ist die Behandlungsweise drahtloser Probleme sich immer gleich geblieben, nämlich in der dramatischen Form, in der sie der Öffentlichkeit vorgetragen zu werden pflegen. Diese Darstellungsweise bekundet sich in dem Bestreben, nützlichen Verbesserungen die Bedeutung tiefgreifender Umwälzungen beizulegen, die unerwartet ein genialer Erfinder der Welt beschert hat. Diese Behandlungsweise hat einen erheblichen werbenden Wert; sie ist geeignet, weite Kreise zu interessieren; denn sie wird dem Bedürfnis der Fernstehenden gerecht, in anziehender Weise einen wenn auch flüchtigen Einblick in ein fremdes Arbeitsgebiet zu erlangen, in dem der Einheimische nur nüchterne sachliche Arbeit findet. Solange darum die dramatische Behandlungsweise sich auf echte Neuerungen beschränkt, und solange sie die sachliche Arbeit nicht stört, kann sie der Entwicklung nur zum Nutzen gedeihen, indem sie die allgemeine Aufmerksamkeit auf würdige Probleme lenkt.

Leider scheint es sich bei der dramatischen Darstellung nicht immer vermeiden zu lassen, daß Wünsche als vollendete Tatsachen erscheinen und umgekehrt, d. h. daß an Stelle noch ungelöster Probleme eine Kulisse mit Tatsachen zur Schau kommt und umgekehrt an Stelle wohl erforschter Dinge eine Kulisse mit bunten Problemen. In der Gegenwart ist es z. B. noch immer eine schwere Aufgabe, die schwachen elektrischen Ströme zu messen, die in den Empfangstationen aufgenommen werden; gleichwohl werden beständig zahlenmäßige Angaben über Empfangstärken gemacht, die zwar nicht den Wert exakter Messungen haben, aber in Ermangelung solcher große Beachtung finden; nicht selten widersprechen sie einander und beschäftigen dann die Phantasie besonders lebhaft; und die Phantasie greift Theorien aus der Luft und sogar aus der Heavisideschicht, um die vermeintlichen Tatsachen zu erklären. Solche Zustände lebhafter Erregung der Phantasie kann man mit Fieberzuständen vergleichen; sie scheinen eine unvermeidliche Begleiterscheinung starker Entwicklungen zu sein und müssen überwunden werden, indem man sich auf den sicheren Boden der exakten Erkenntnis begibt, der allein die nötige Kritik der Problemstellung ermöglicht. Die folgende Behandlung der grundsätzlichen Fragen über den Gebrauch elektrischer Wellen in der drahtlosen Telegraphie möchte einen Beitrag zu dieser Betrachtungsweise liefern; sie stellt darum die naturwissenschaftlich-technischen Fragen in den Vordergrund mit der Absicht, die Grenzen erkennen zu lassen, die der Entwicklung, auch der wirtschaftlichen und rechtlichen, von der Natur gezogen sind.

1. Schwingungen und Wellen.

Die Funkerei verwendet periodische elektrische Vorgänge, Schwingungen und Wellen. Schwingungen finden in den Stromkreisen der Stationen statt; Wellen eilen vom Sender zum Empfänger.

Im Sender werden Schwingungen nach verschiedenen Methoden hergestellt. Teilweise verwendet man Wechselstrommaschinen; doch sind die sonst üblichen Wechselströme schon aus dem Grunde für die drahtlose Telegraphie nicht brauchbar, weil sie im Telephon hörbare Töne hervorrufen und darum alle Fernsprechanlagen stören würden, wenn man sie in der Funkerei gebrauchen wollte. Man steigert darum die Frequenz der Wechselströme über die Grenze der Hörbarkeit hinaus und gelangt so in das Gebiet der hochfrequenten Wechselströme; die Maschinen, die man zu ihrer Erzeugung gebaut hat, müssen sehr schnell umlaufen und viele Pole besitzen; eine Hochfrequenzmaschine für 10 000 Hertz (Perioden pro Sekunde) nähert sich bereits der Grenze der technischen Möglichkeiten, und man hat darum, um weiter in das Gebiet der Hochfrequenz vorzudringen, Transformatoren ersonnen, die an der Sekundärseite einen Strom von höherer Frequenz liefern, als ihnen primär zugeführt wird, sog. Frequenztransformatoren.

Die schnellsten Schwingungen, die hergestellt und nachgewiesen worden sind, wurden mit Funken erzeugt, dem ältesten Mittel, mit dem Fedderssen vor 70 Jahren zum ersten Male elektrische Schwingungen hergestellt hat. Der elektrische Funke vermag in allen Gebilden, die überhaupt fähig sind, Schwingungen zu führen, solche zu erregen, von der Grenze der hörbaren Töne angefangen, die bei $2 \cdot 10^4$ Hertz liegt, bis hinauf zu 10^{10} Hertz, während die Hochfrequenzmaschinen lange Zeit die Frequenz nicht über 10^5 steigern konnten und erst in den letzten Jahren bis zur Frequenz 10^6 gelangt sind.

Auch das Poulsensystem, das mit Flammenbögen arbeitet statt mit Funkenstrecken, ist im Frequenzbereich beschränkt insofern, als es Schwingungen mit höherer Frequenz als $3 \cdot 10^5$ nur schwach erregt. Dagegen ist die Methode der Schwingungserzeugung mit Elektronenröhren, die in den letzten Jahren in Aufnahme gekommen ist, geeignet, Schwingungen zu erregen, von den langsamsten angefangen bis hinauf zu etwa 10^8 Hertz.

Jeder Sender hat außer der Aufgabe, Schwingungen herzustellen, noch die Aufgabe, Wellen herzustellen. Diese werden selbsttätig von den Antennenkreisen ausgestrahlt, wenn man sie mit Schwingungen beschickt. Entsprechend diesen beiden Hauptaufgaben ist dann der Sender zumeist auch mit 2 Stromkreisen ausgerüstet, einem sog. geschlossenen Kreise, in dem Schwingungen erregt werden, und einem mit ihm gekoppelten offenen Kreise, dem Antennenkreise, der sie ausstrahlt, d. h. in Wellen verwandelt. Die Begriffe Schwingungen und Wellen werden nicht immer streng geschieden; man spricht auch von Wellen, die im Sender erregt werden, und von Schwingungen, die sich vom Sender zum Empfänger ausbreiten. Wenn man streng scheiden will, so muß man von stehenden Schwingungen sprechen, die in den Stromkreisen stattfinden, und von fortschreitenden Wellen, die sich frei von leitenden Gebilden im Raume ausbreiten.

HEINRICH HERTZ hat als erster solche freie Wellen hergestellt und die Gesetze ihrer Ausbreitung formuliert. Das HERTZsche Ausbreitungsgesetz ist außerordentlich einfach im Vergleich mit den Gesetzen, denen die Wasserwellen gehorchen. Es besagt, daß die Amplitude der elektrischen Wellen der Amplitude der Senderschwingung proportional ist; sie ist ferner um so größer, je länger der Sender im Vergleich zur Wellenlänge ist. Die Ausbreitung erfolgt unabhängig von der Amplitude und auch unabhängig von der Frequenz mit der Lichtgeschwindigkeit 300 km/sek. Während bei den Schwingungen die elektrische Kraft (gemessen durch die Spannung am Kondensator) eine Phasenverschiebung von 90° gegenüber der magnetischen Kraft (gemessen durch den Strom im Schließungskreise) aufweist, während also bei der Schwingung die eine Form der elektromagnetischen Kraft ihr Maximum hat, wenn die andere gleichzeitig verschwunden ist, so bildet bei der fortschreitenden Welle an jeder Stelle, die von ihr getroffen wird, die elektrische und die magnetische Kraft gleichzeitig einen Wellenberg oder ein Wellental.

Die konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit verleiht dem Begriff Wellenlänge eine besondere Bedeutung. Wie bei allen Wellenvorgängen errechnen wir die Wellenlänge, indem wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch die Zahl der Schwingungen pro Sekunde dividieren. Da nun die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Amplitude und von der Frequenz unabhängig ist, so charakterisiert der Begriff Wellenlänge die Welle ebensogut wie die Begriffe Frequenz oder Schwingungsdauer. Die Wellenlängen der Funkerei sind bequem vorstellbare Größen (zwischen 100 m und einigen Kilometer); dagegen sind Zahlenwerte der Frequenzen unbequem (zwischen $3 \cdot 10^5$ und $3 \cdot 10^7$ Hertz ungefähr) und ebenso die Zahlenwerte der Schwingungsdauern (millionstel Sekunden). Darum verwendet man die Rechengröße Wellenlänge auch dort zur Charakterisierung der Periode, wo eine Welle gar nicht auftritt, nämlich im Gebiet der eigentlichen Schwingungen.

Die Wellen der Funkerei breiten sich nun nicht im freien Raume aus, sondern in der Atmosphäre; darum ist entsprechend der von 1 etwas verschiedenen Dielektrizitätskonstanten der Luft die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und damit auch die Wellenlänge ein wenig kleiner als im freien Raume. Die Rechengröße Wellenlänge, die wir in der Funkerei benutzen, stimmt schon darum nicht mit der wirklichen Länge der benutzten Wellen überein, sondern mit der Länge der Wellen, die auftreten würden, wenn keine Luft und auch kein Erdreich vorhanden wäre.

Sofern wir die elektromagnetischen Kraftfelder ins Auge fassen, die in der Atmosphäre, also in einem Isolator auftreten, gleichen die funkentelegraphischen Wellen den freien HERTZschen Wellen. Verfolgen wir aber den hochfrequenten Wechselstrom, den der Sender, unter Umständen mit einer Stärke von einigen hundert Ampere, in die Erde schickt, und den andererseits der Empfänger aus der Erde aufnimmt, so ist es für unsere Vorstellung bequemer, zu dem Ausbreitungsvorgang Wechselstrom zu sagen; nur haben wir jetzt keinen Wechselstrom vor uns, der wie in Kraftnetzen oder in Telegraphen- und Fernsprechleitungen linear längs eines Leiters fortschreitet, sondern mit einem, der sich flächenförmig längs der Erdoberfläche ausbreitet.

FARADAY und MAXWELL haben uns gelehrt, das Spiel der Ströme, Spannungen und Ladungen auf Leitern der Elektrizität, das wir mit technischen Meßinstrumenten so bequem zu beobachten verstehen, als Begleiterscheinungen der elektromagnetischen Vorgänge aufzufassen, die sich im umgebenden Isolator abspielen; dort ist der eigentliche Sitz der Kräfte zu suchen, die das Wesen der Vorgänge ausmachen, und so besteht vom Standpunkt der MAXWELLschen Lehre aus kein wesentlicher Unterschied, ob wir nun die funkentelegraphischen Wellen als HERTZsche Wellen in der Atmosphäre ansprechen oder als Wechselströme in der Erde; denn die einen sind ohne die anderen gar nicht denkbar; und in der Natur geschieht nichts anderes, ob wir nun das eine oder das andere Bild zur Beschreibung des Vorganges verwenden; nur ist bei der Darstellung von Einzelheiten bald das eine, bald das andere Bild bequemer durchzuführen, je nach der Gewöhnung.

Von ihrem umfassenden Standpunkt aus läßt die MAXWELLsche Lehre auch die Lichtwellen und die HERTZschen Wellen als wesensverwandte Vorgänge erscheinen. Wenn wir darum versuchen, die hochfrequenten Wechselströme gegen die langsamen Wechselströme einerseits und gegen die optischen Wellen andererseits abzugrenzen, so finden wir in der Natur keine Grenzsteine. Nach der Seite der Wechselströme setzen wir sie willkürlich dort, wo sie anfangen, mit sinkender Frequenz hörbar zu werden. Nach der optischen Seite ist die Grenze insofern besser bestimmt, als das sichtbare Licht und die Wärmestrahlen sich mit so hohen Frequen-

zen abspielen, wie sie nur innerhalb der Moleküle vorkommen können, so daß auch der beste Feinmechaniker keine Stromkreise mehr bauen kann, in denen sie fließen können. Die schnellsten Schwingungen, die man hat herstellen und nachweisen können, hatten eine Frequenz von ungefähr 10^{11} Hertz (Schwingungen pro Sekunde) entsprechend einer Wellenlänge von 3 mm, und die langsamsten Schwingungen, die für die Funkerei in Betracht kommen, haben die Frequenz 10^4 Hertz, entsprechend einer 30 km langen Welle.

Diesen ganzen Bereich stellt uns die Natur zur Verfügung; Sache der Technik ist es, ihn in wirtschaftlicher Weise für die Nachrichtenübermittelung nutzbar zu machen. Dabei kann uns keine technische Vervollkommnung von den folgenden Aufgaben entbinden: Herstellung hochfrequenter Schwingungen im Sender, Ausstrahlung elektrischer Wellen durch den Sender, Aufnahme der elektrischen Wellen im Empfänger, Indikation der empfangenen Schwingungen. Der Vorgang der Wellenausbreitung vollzieht sich ohne unser Zutun; nur in der Richtungstelegraphie beeinflussen wir ihn.

2. *Die Schwingungskreise.*

Die wichtigsten Bestandteile eines jeden Schwingungskreises sind ein Kondensator und eine Spule. Die Größe dieser beiden Bausteine bestimmt die Periode der Schwingungen, die in dem Kreise möglich sind. Das Maß für die Größe des Kondensators ist seine Kapazität C, das Maß für die Größe der Spule ist ihre Selbstinduktion L. Aus diesen beiden Größen berechnet man die Schwingungsdauer T nach der bekannten Formel von THOMSON:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{LC} \qquad (1)$$

und mithin die Wellenlänge λ nach der Formel:

$$\lambda = 2\pi c \cdot \sqrt{LC}\,, \text{ wobei } c = 3 \cdot 10^{10}\ \text{cm/sek.}^{-1}. \qquad (2)$$

Gibt man dabei Kapazität und Selbstinduktion beide in technischen Einheiten an (Farad und Henry), so findet man die Schwingungsdauer in Sekunden, die Wellenlänge in Zentimetern. Häufig macht man einen anderen Gebrauch von der THOMSONschen Formel; er beruht darauf, daß man die Kapazität und die Selbstinduktion aus den geometrischen Abmessungen des Kondensators bzw. der Spule berechnen kann und aus dem dielektrischen bzw. dem magnetischen Verhalten des Isolators. Sind die Dielektrizitätskonstante und die Magnetisierungskonstante bekannt, so kann man also mit dem Maßstab allein Kapazität und Selbstinduktion ermitteln. Leider gehören die Längenmaße von Kapazität und Selbstinduktion verschiedenen Maßsystemen an; doch kann man sie in derselben Gleichung verwenden, wenn man einen Umrechnungsfaktor berücksichtigt, der die Angaben ineinander überführt; dieser Umrechnungsfaktor ist die Lichtgeschwindigkeit und erscheint als Nenner auf der rechten Seite der Gleichung (2), so daß sie jetzt lautet:

$$\lambda = 2\pi\sqrt{LC} \qquad (3)$$

wobei nun Kapazität, Selbstinduktion und Wellenlänge in demselben Längenmaß (zweckmäßigerweise in Metern) ausgedrückt sind.

Der Kondensator ist aber streng genommen nicht der alleinige Sitz der elektrischen Kräfte, sondern auch in der Nähe der Spule und der Verbindungsleitungen beobachtet man elektrische Spannungen. Andererseits treten außer in der Spule auch in der Nähe des Kondensators und der Verbindungsleitungen magnetische Kräfte auf. Ferner gibt es keine vollkommenen Leiter der Elektrizität und auch keine vollkommenen Isolatoren, sondern in jedem sich selbst überlassenen Stromkreise nimmt ein einmal erregter Strom ab, und zwar außerordentlich rasch im Vergleich zu unseren Körperbewegungen, und in jedem sich selbst überlassenen materiellen Isolator nimmt ein erregtes elektrisches Feld mit der Zeit ab; dieses Verschwinden von magnetischen und elektrischen Feldern ist stets mit Wärmeentwicklung verknüpft; wir beschreiben es durch Widerstand der Leiter und durch Leitfähigkeit der Isolatoren.

Solange man mit Kondensatoren von zahlenmäßig großer Kapazität und geringer Leitfähigkeit arbeitet und mit Spulen von großer Selbstinduktion und kleinem Widerstand, beschreibt man die Periode eines Schwingungskreises mit genügender Genauigkeit, wenn man nur die Kapazität seines Kondensators und die Selbstinduktion seiner Spule in Rechnung setzt; je kleiner aber die benutzten Kondensatoren und Spulen sind, um so mehr wird es notwendig, jeden Konstruktionsteil, also auch die Verbindungsleitungen, die Anschlußklemmen, die eingeschalteten Meßinstrumente, die Elektroden und die Sockel von Elektronenröhren usw. als Spulen mit Widerstand und Kondensatoren mit Leitfähigkeit aufzufassen.

Um zahlenmäßig angeben zu können, wie groß der Einfluß der unbeabsichtigten Felder und der Widerstände auf den Schwingungsvorgang ist, empfiehlt es sich, einen Schwingungskreis zu betrachten, in dem die Kapazität aller Einzelteile in einem Kondensator C (Fig. 1) zusammengefaßt

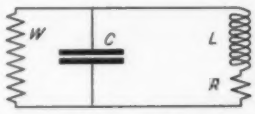


Fig. 1. Schwingungskreis, bestehend aus Kapazität, Selbstinduktion, Leitungswiderstand und Ableitungswiderstand.

ist, die Selbstinduktion aller Teile in einer Spule L, die Leitungswiderstände in einem zur Spule in Reihe liegenden Widerstand R und alle durch Leitfähigkeit der Isolatoren verursachten Verluste in einem zum Kondensator parallel liegenden Widerstand W, den man auch als Ableitungswiderstand bezeichnet.

Bei der Berechnung der Vorgänge, die in einem solchen Schwingungskreise möglich sind, treten

seine Eigenschaften C, L, R und W in 3 Kombinationen auf, die bei der analytischen Behandlung als Rechengrößen erscheinen und sämtlich die physikalische Bedeutung von bestimmten Zeitgrößen haben; es sind die Zeiten:

$$\left.\begin{aligned} t_1 &= 2\pi\sqrt{LC} \\ t_2 &= 2WC \\ t_3 &= \frac{2L}{R} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Die Zeit t_1 ist dabei die Schwingungsdauer; streng genommen wird sie durch die Zeiten t_2 und t_3 mitbestimmt, doch ist bei allen Schwingungskreisen, die im Gebiet der Hochfrequenztechnik in Frage kommen, ihr Einfluß auf die Schwingungsdauer zahlenmäßig verschwindend klein neben dem überragenden Anteil von t_1. (Die Durchführung der einschlägigen Rechnungen habe ich kürzlich in der Zeitschr. f. Fernmeldetechn. 1925, H. 7, S. 95ff. zusammengestellt.) Die Zeiten t_2 und t_3 bestimmen die Dämpfung der Schwingungen, die darin besteht, daß die Amplituden des Stromes und der Spannung mit der Zeit abnehmen in dem Maße, wie in dem unvollkommen leitenden Schließungskreise und in dem unvollkommen isolierenden Isolator Wärme entwickelt wird. Diese Dämpfung erfolgt nach einem Exponentialgesetz, wenn Widerstand und Ableitung für jede Stromstärke und jede Spannung denselben Wert haben. Die Schwingung klingt dann in einer bestimmt angebbaren Zeit auf den $e$ten Teil ihres Betrages ab (e ist die Basis der natürlichen Logarithmen = 2,72), und diese Zeit t setzt sich aus t_2 und t_3 reziprok additiv zusammen:

$$t = \frac{t_2 t_3}{t_2 + t_3} \qquad (5)$$

Bei den sog. ungedämpften Systemen wird der Energieverlust, den die Schwingung durch Wärmebildung erfährt, in jeder Periode ersetzt, je nach dem System durch Hochfrequenzmaschinen, durch Flammenbögen oder durch Elektronenröhren; darum tritt keine Änderung der Schwingungsamplitude ein; sie fällt nicht mit der Zeit ab, sondern der Einfluß der Dämpfung bestimmt nur die Amplitude, auf der die Schwingung dauernd stehen bleibt, sowie die Zeit, die beim Einschalten vergeht, bis sie eingestellt ist, und beim Ausschalten, bis sie verschwindet.

Die Eigenschaften L, C, R und W des Schwingungskreises sind nicht immer konstant, d. h. unabhängig von Strom und Spannung. Am besten kann die Technik Kondensatoren mit bestimmter Kapazität herstellen; und ihre Ableitung kann für alle Belastungen zahlenmäßig klein gemacht werden. Die Spulen können unmöglich hergestellt werden, ohne daß der aufgewendete Draht einen bestimmten Betrag von OHMschem Widerstand mit sich bringt; versucht man Eisen in die Spulen zu bringen, um mit geringerem Drahtaufwand dieselbe Selbstinduktion zu erreichen, entsprechend der hohen Magnetisierbarkeit des Eisens, so macht sich die Hysteresis als wärmeentwickelnde Eigenschaft bei den raschen Schwingungen in so hohem Maße geltend, daß man von Eisenspulen im allgemeinen ganz absieht. Zudem hängt die Magnetisierung eines Eisenkernes und damit die Selbstinduktion der Spule in hohem Maße von der Stromstärke ab.

In Fig. 2 ist der Verlauf des Stromes in einem durch Leitungs- und Ableitungswiderstand gedämpften Schwingungskreise graphisch dargestellt. Die Dämpfungszeit t, in der die Schwingung auf den $e$ten Teil abfällt, ist der reziproke Wert des Dämpfungsfaktors. Ihre physikalische Interpretation scheint mir den Vorzug begrifflicher Anschaulichkeit zu gewähren; auch dürfte die Bedeutung der Zeiten t_2 und t_3, aus denen sie sich zusammensetzt, nicht weniger universell sein als die der Begriffe Widerstand und Ableitung, ist doch die Zeit t_2 eine Materialeigenschaft, die für jeden

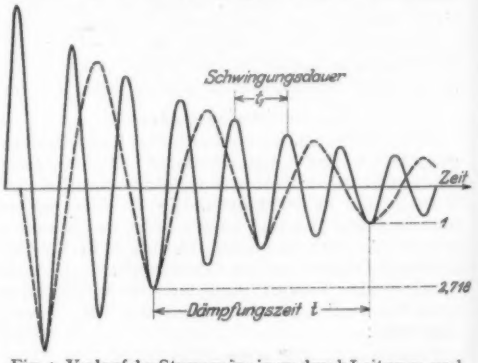


Fig. 2. Verlauf des Stromes in einem durch Leitungs- und Ableitungswiderstand gedämpften Schwingungskreise.

Stoff denselben Betrag hat, unabhängig von der Größe, die W und C einzeln haben.

Der zeitliche Verlauf des Stromes ist in üblicher Weise dargestellt, indem der Strom als Ordinate, die Zeit als Abszisse aufgetragen ist. Die Schwingungsdauer t_1 ist dann der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stellen gleicher Phase, wie es in der Figur für die ausgezogene Kurve kenntlich gemacht ist; die Dämpfungszeit ist der Abstand zwischen 2 Stellen gleicher Phase, in denen sich die Stromstärken wie e : 1 verhalten. Eine Schwingung mit gleicher Dämpfungszeit, aber doppelter Schwingungsdauer (gestrichelt gezeichnet) nimmt in jeder Periode doppelt so rasch ab, oder anders ausgedrückt: ihr Dekrement ist doppelt so groß. Die doppelte Schwingungsdauer kann man nach Gl. (4) herstellen, wenn man die Kapazität des Kondensators vervierfacht; damit die Dämpfungszeit dabei unverändert bleibt, wählt man am besten einen Kondensator, der praktisch verlustfrei ist, so daß die Dämpfungszeit mit t_2 übereinstimmt. Aus der gebräuchlichen analytischen Behandlungsweise der Schwingungsvorgänge ist im Einklang mit dieser begrifflichen Schlußweise bekannt, daß das Dekre-

ment der Wurzel aus der Kapazität unter sonst gleichen Umständen proportional ist.

Je mehr Schwingungen sich während der Dämpfungszeit abspielen, um so abstimmfähiger sind sie. Wenn die Schwingungsdauer größer als die Dämpfungszeit wird, so verliert sie rasch die Fähigkeit, Resonanzerscheinungen zu bilden.

Wenn man nach diesen Überlegungen die Schwingungskreise der drahtlosen Telegraphie prüft, so zeigt sich, daß zahlenmäßig im Bereich der größten Wellen (rund 10 km) die Kapazität und die Selbstinduktion der Verbindungsleitungen sowie ihr Widerstand und ihre Ableitung keine Rolle neben denselben Eigenschaften der Kondensatoren und Spulen spielen; das bedeutet praktisch, daß die Herstellung gut definierter und berechenbarer Schwingungen im Gebiet langer Wellen leicht ist; dazu kommt als weiterer Vorteil, daß die Kondensatoren so geringe Verluste aufweisen, daß die Dämpfungszeit nur durch die Spulenverluste bestimmt ist. Ein Nachteil dieser langsamen Schwingungen liegt darin, daß die Dämpfungszeit etwa $^1/_{250}$ sek. beträgt; diese Zeit ist bereits so groß, daß sie neben den Zeiten eine Rolle spielt, in denen die Schnelltelegraphie ihre Zeichen zu bilden hat. Darum sind für Schnelltelegraphie und noch viel mehr für Telephonie schnellere Schwingungen, also kürzere Wellen vorzuziehen.

Im Gebiet der Wellen unter 100 m genügen zum Bau der Schwingungskreise Kondensatoren und Spulen, deren Kapazität und Selbstinduktion nicht größer ist als die in den Verbindungsleitungen bei langen Wellen verschwendeten. Die Leitungswiderstände treten bei den kleinen Spulen zurück und die Dämpfungszeit wird mit steigender Frequenz mehr und mehr durch die Ableitungswiderstände, d. h. durch Isolationsmängel bestimmt; sie hat Beträge in der Gegend einer hunderttausendstel Sekunde. Ein sich selbst überlassener Schwingungskreis führt dann immer noch mehr als 30 Schwingungen aus, ehe der Strom auf den eten Teil gesunken ist; das bedeutet, daß man für diese kleinen Wellenlängen unschwer Kreise bauen kann, die eine scharfe Abstimmung zulassen. Schwierig ist dabei nur die Vermeidung aller entbehrlichen Verbindungsleitungen.

3. *Die Strahlung.*

Wenn in einer Antenne Schwingungen stattfinden, so breiten sich nach allen Seiten elektrische Wellen aus. Der Vorgang, durch den die Wellenbildung sich vollzieht, heißt Strahlung oder Ausstrahlung. Jede Änderung eines elektrischen oder magnetischen Feldes ruft in der Umgebung Kräfte hervor, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und mit der Entfernung abnehmen. Diese Kräfte hat HEINRICH HERTZ aus den MAXWELLschen Gleichungen berechnet und im besonderen für den Fall erschöpfend dargestellt, wo im Ursprung der Strahlung ein periodisch wechselnder elektrischer Vorgang wirksam ist, also eine elektrische Schwingung. Die Übertragung der HERTZschen Darstellung auf die Verhältnisse der drahtlosen Telegraphie verdanken wir MAX ABRAHAM.

Ein Bild der Wellenausbreitung bietet die Fig. 3 dar; sie stellt die elektrischen Kräfte dar, die in einer durch den Sender gelegten senkrechten Ebene auftreten. Sie stehen senkrecht auf der Erdoberfläche und verlaufen in Kreisen, deren Mittelpunkt der Sender ist; ihre Richtung wechselt beständig, wie es die Pfeile andeuten, und ihre Größe nimmt mit steigender Entfernung ab. An der Erdoberfläche sind die Kräfte am größten; sie nehmen mit Annäherung an das Zenit ab und werden senkrecht über dem Sender Null; dies ist durch die Dichte der Pfeile angedeutet, die im Halbkreis um den Sender herum gezeichnet sind.

Will man die Eigenschaften kennen lernen, die der Sender besitzen muß, um ein wirksamer

Fig. 3. Bild der Wellenausbreitung. Darstellung der Kräfte, die in einer durch den Sender gelegten senkrechten Ebene auftreten.

Strahler zu sein, so bietet hierzu die Betrachtung des Energiestromes geeigneten Anlaß. Wo immer ein Vorgang elektrische und magnetische Felder zugleich bildet, strömt Energie, und zwar in der Richtung, die senkrecht auf der Ebene steht, in der die Kräfte verlaufen. Den Richtungssinn bestimmt dabei die linke Hand-Regel. Wenn beispielsweise von einem stromdurchflossenen Leiter Arbeit verrichtet wird, so tritt (abgesehen von dem elektrischen Feld, das senkrecht aus seiner Oberfläche austritt) eine Spannung in Richtung des Stromes längs des Leiters auf, die in Fig. 4a durch gestrichelte Pfeile dargestellt ist; die Kreise stellen die magnetischen Kräfte dar, die den Strom umschlingen, und wenn man die Flächen aufsucht, in denen die Kräfte verlaufen, so findet man Kreiszylinder, deren Achse der Leiter ist; in der Richtung senkrecht zu diesen Zylinderflächen, auf den Leiter zu (dicke Pfeile in Fig. 4a), strömt Energie; sie verwandelt sich dort entweder in Wärme (Glühlampen) oder in Bewegung träger Massen (Elektromotoren), oder wieder in elektrische Energie (Transformatoren).

In der Antenne, z. B. in der Zuführung zu einem Antennenschirm, kommt ein entgegen-

gesetzter Vorgang zustande in den Zeiten, wo der Antenne Ladung zuströmt; positiver Strom fließe etwa von unten nach oben, aber zugleich wächst die positive Antennenspannung, und es tritt längs des Leiters ein Feld auf, das dem Strom entgegengerichtet ist (vgl. Fig. 4b); elektrische und magnetische Kräfte sind wiederum auf Zylinderflächen angeordnet wie vorhin; aber mit veränderter Richtung der elektrischen Kraft ändert sich auch die Richtung des Energiestromes, und er tritt jetzt aus dem Leiter hinaus in den Raum, wo er in Form von Strahlung in die Erscheinung tritt.

Jeder Teil der Antenne, in dem der Strom Gelegenheit findet, gegen das von ihm selbst erzeugte elektrische Feld anzufließen, ist darum geeignet, einen Beitrag zur Strahlung zu liefern; ob freilich alle Beiträge sich addieren, ist noch eine Frage für sich. In LECHERschen Drähten z. B. sind an jeder Stelle die Voraussetzungen für das Austreten der Energie im höchsten Maße erfüllt, denn jedes Stück der Paralleldrahtleitung bildet gleichzeitig elektrische und magnetische Felder; gleichwohl kommt im Außenraum keine erhebliche

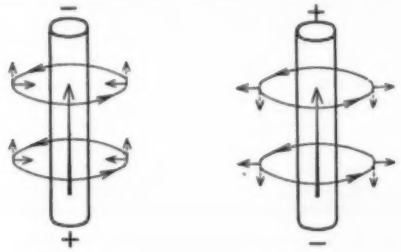


Fig. 4a. Fig. 4b.
Zur Richtung des Energiestromes.

Strahlung zustande, weil der Beitrag, den irgendein Teil liefert, immer gerade durch den gegenüberliegenden Teil des Paralleldrahtes aufgehoben wird, der einen Beitrag von derselben Größe aber entgegengesetztem Vorzeichen liefert.

Die Amplitude $\mathfrak{A}$ der Welle, die ein Sendestrom der Stärke J in der Entfernung r hervorruft, wenn die Antenne die wirksame Höhe h besitzt und mit der Wellenlänge λ betrieben wird, beträgt an der Erdoberfläche

$$\mathfrak{A} = 4\pi \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{J}{r} \tag{6}$$

oder in technischen Maßen ausgedrückt:

$$\mathfrak{A} = 0{,}377 \cdot \frac{h}{\lambda} \frac{J_{(\mathrm{Amp.})}}{r_{(\mathrm{km})}} \frac{\mathrm{Volt}}{\mathrm{m}} \tag{6a}$$

Während jeder Schwingungsperiode wird in jeder Entfernung eine Halbkugelschale von der Dicke λ mit einem elektrischen und einem magnetischen Wechselfeld von dieser Amplitude erfüllt, und zwar nicht gleichmäßig, sondern mit einer gegen das Zenit abnehmenden Dichte, so wie es die Fig. 3 veranschaulicht. Den Energieinhalt A dieser mit elektromagnetischen Kräften erfüllten Schale kann man nach HERTZ berechnen; er beträgt für jede Entfernung:

$$A = \frac{16}{3}\pi^2 \cdot \lambda \cdot \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 I^2 \tag{7}$$

(I = effektiver Strom).

Dieser Energieaustritt verursacht eine Dämpfung der Erregerschwingung; denn er erfolgt auf ihre Kosten. Die Schwingung ist die Quelle, aus der die ausgestrahlte Welle genährt wird. Aus der Form der Gleichung (7) kann man schließen, daß in jeder Periode ein Bruchteil der schwingenden Energie ausgestrahlt wird, der unabhängig von dem zahlenmäßigen Betrage der Energie ist. Dieselbe Gesetzmäßigkeit waltet bei der Dämpfung durch Wärmeentwicklung in Widerständen ob, und darum sind wir in der Lage, die Größe der Strahlung durch einen Widerstand anzugeben, der, in den Kreis der Antenne eingeschaltet, dieselbe Dämpfung hervorrufen würde, die die Strahlung tatsächlich hervorruft. Dieser kann entweder ein Ableitungswiderstand von der Größe

$$W_s = \frac{3}{4} c \left(\frac{L}{h}\right)^2 = 22{,}5 \left(\frac{L_{(\mathrm{cm})}}{h_{(\mathrm{cm})}}\right)^2 \text{Ohm} \tag{8}$$

oder ein Leitungswiderstand von der Größe:

$$R_s = \frac{16}{3}\pi \cdot c \cdot \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 = 1579 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 \text{Ohm} \tag{9}$$

sein. Diese letztere Rechengröße wird im allgemeinen zur Beschreibung der Strahlung angeführt und als Strahlungswiderstand bezeichnet.

Er ist nach der Formel (9) um so genauer zu berechnen, je kleiner die Antennenhöhe neben der Wellenlänge ist; wenn sich die Antennenhöhe der Viertelwelle nähert, liefert die Formel (9) zu große Werte. Den größtmöglichen Strahlungswiderstand unter allen Gebilden, die in ihrer Grundschwingung erregt werden, besitzt ein senkrechter einfacher Draht; er beträgt 73,2 OHM.

Besonderes Interesse bietet es, den Strahlungswiderstand mit dem Gesamtwiderstand einer Antenne zu vergleichen, der sich aus Verlusten und Strahlung zusammensetzt; denn das Verhältnis dieser beiden Größen mißt zugleich das Verhältnis der ausgestrahlten Leistung zu der Leistung der Antennenschwingung; dieses Verhältnis heißt der Strahlungswirkungsgrad. Man kann den Gesamtdämpfungswiderstand eines Antennenkreises messen; die Messung des Strahlungswiderstandes ist schwierig, weil man dazu die ausgestrahlten Felder bestimmen muß, die meist kleine, der Messung schwer zugängliche Werte haben; doch ermöglicht die Formel (9) in vielen Fällen eine hinreichend genaue Berechnung des Strahlungswiderstandes.

In Fig. 5 ist der durch Gl. (9) dargestellte Zusammenhang zwischen Antennenhöhe und Strahlungswiderstand graphisch durch eine Kurve dargestellt. Die Verlustwiderstände der Antennenkreise pflegen bei den ausgeführten Stationen zwischen 2 und 5 OHM zu liegen, also in dem in der Figur einfach schraffierten Gebiet. Das Verhältnis

Antennenhöhe zu Wellenlänge hat bei Sendern, die mit längeren Wellen als Rundfunkwellen betrieben werden, meist Werte zwischen 0,05 und 0,01, entsprechend dem punktiert schraffierten Gebiet in der Figur. Man sieht leicht, daß im Gebiet der langen Wellen die Antennenverluste die Strahlung im allgemeinen überwiegen; nicht selten beträgt die Strahlung nur einen winzigen Bruchteil der Verluste. Im Gebiet der Rundfunksender ändert sich das Bild wesentlich zugunsten der Strahlung. Die Antennenhöhe pflegt der 20. bis 10. Teil der Wellenlänge zu sein (0,05 bis 0,10 in der Figur), während die Verluste nicht größer sind als im Gebiet der langen Wellen; damit erhebt sich die Strahlung über die Verluste, der Strahlungswirkungsgrad beträgt mehr als 50%. Im Gebiet der kurzen Wellen von weniger als 100 m Länge verschiebt sich das Bild noch einmal; schon bei 10 m

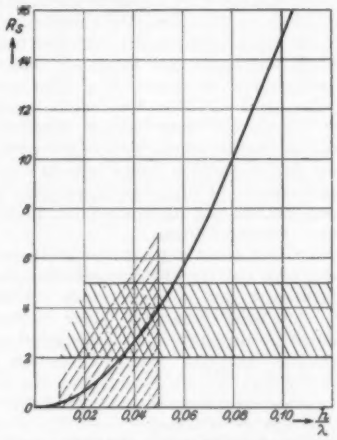


Fig. 5. Zusammenhang zwischen Antennenhöhe und Strahlungswiderstand.

hohen Antennen (rechts von dem Strich in Fig. 5) liegen die Strahlungswiderstände über 15 Ohm und nähern sich rasch dem Betrag von 73 Ohm, während die Verluste gegenüber den längeren Wellen nicht zu steigen brauchen, so daß die Strahlungswirkungsgrade sich nicht mehr merklich von 1 unterscheiden; die Sender für kurze Wellen stellen also in dieser Hinsicht etwas Vollkommenes dar.

Hierauf beruht zum guten Teil der Erfolg, den die Verwendung kurzer Wellen mit sich bringt. Die geringen Strahlungswirkungsgrade, die mit langen Wellen und irdischen Antennen erreichbar sind, haben zur Folge, daß eine große Station, die mit 100 Kilowatt und sehr langen Wellen betrieben wird, keine stärkere Strahlung auszusenden braucht als eine nur 1 Kilowatt starke Station, die mit kurzen Wellen arbeitet.

Es ist also mit geringem Aufwand möglich, für den Betrieb mit kurzen Wellen wirksame Antennen zu errichten. Besondere Aufmerksamkeit erfordert aber hier der Bau der Erdleitung; schon meterlange Verbindungsdrähte können einen starken Spannungsabfall hervorrufen und damit unbeabsichtigte elektrische Felder mit Ableitungsverlusten.

4. Die Ausbreitung der Wellen.

Die drahtlose Telegraphie spielt sich dicht über der Erdoberfläche ab; für den Vorgang der Wellenausbreitung ist es darum wichtig, vor allem das Verhalten der elektrischen Kräfte an dieser Fläche zu kennen. Die Erfahrung lehrt, daß die elektrische Kraft der Wellen allenthalben senkrecht auf dem Erdboden steht, und daß wagerechte Komponenten der elektrischen Kraft normalerweise weit hinter den senkrechten zurücktreten. Man kann durch direkte Messungen dieses Verhalten feststellen; außerdem gibt es auch eine Erscheinung, aus der indirekt die senkrechte Lage der elektrischen Kräfte mit besonderer Schärfe folgt; sie besteht im folgenden: Ein HERTZscher Sender, der geradlinig ausgestreckt wird und in der Form einer halben Welle schwingt, sendet in seiner eigenen Richtung keine Wellen aus, sondern die Strahlung hat ihren größten Betrag in der Ebene, die auf dem Sender senkrecht durch seine Mitte gelegt werden kann. Dies stimmt indessen nur, wenn der Sender im freien Raume aufgestellt ist; befindet sich jedoch eine leitende ebene Fläche in seiner Nähe, die in kleinem Abstand parallel zum Sender verläuft, so kehrt sich das Verhalten vollkommen um: In der Richtung des Senders kommt jetzt die größte Strahlung zustande, während in der Richtung senkrecht zum Sender keine Wellen ausgestrahlt werden. Die Erklärung dieses umgekehrten Verhaltens ergibt sich aus dem Leitvermögen der Fläche, das jede elektrische Kraft längs der Fläche ausschließt. Spannt man nun einen Halbwellensender über der Erde aus, so strahlt er bekanntlich am stärksten in seiner Längsrichtung; hierauf beruht ja die gerichtete drahtlose Telegraphie. Aus diesem der Strahlung eines HERTZschen Senders entgegengesetzten Verhalten folgt also, daß die Erde sich den elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie gegenüber wie ein Leiter der Elektrizität benimmt, daß also in wagerechter Richtung keine elektrischen Kräfte wirksam sind.

Für Wellen bis herab zu 100 m ist dieses Verhalten erwiesen; ob kleinere Wellen auch merkliche wagerechte Komponenten des elektrischen Feldes bilden können, ist meines Wissens bisher nicht zum Gegenstand besonderer Untersuchungen gemacht worden.

Die Beschreibung der Wellenausbreitung über große Entfernungen, bei denen die Krümmung der Erdoberfläche in Betracht kommt, fällt nicht ohne weiteres unter die Darstellung der Wellenausbreitung im freien Raume, die HERTZ gegeben hat; der Übergang von dem von HERTZ beschriebenen Fall der Wellenausbreitung im freien Raume zu der Ausbreitung an der gekrümmten Erdoberfläche ergibt sich unter dem Gesichtspunkt, daß die elek-

trische Kraft immer senkrecht auf der Erde stehen muß.

Vielfach werden die Wellen der drahtlosen Telegraphie mit Lichtwellen verglichen, und da sie mit diesen wesensverwandt sind, kommt man auch zu richtigen Schlüssen, insbesondere was die Fortpflanzungsgeschwindigkeit anlangt. Hinsichtlich der Ausbreitungsvorgänge verhalten sich die Wellen der Funkerei jedoch nicht ebenso wie Lichtwellen, sondern lassen sich besser mit dem Verhalten von Schallwellen vergleichen. Beim Licht sind wir nämlich gewöhnt, geradlinige Strahlen mit scharf begrenzten Schatten zu beobachten. Die Schattengrenzen sind durch die außerordentliche Kleinheit der Lichtwellenlängen gegenüber den Abmessungen der schattenwerfenden Gegenstände bedingt. Schon bei Schallwellen, deren Länge zwischen einigen Metern und einigen Millimetern liegt, sind einigermaßen scharf begrenzte Strahlen eine seltene Erscheinung; im Gebiet der elektrischen Wellen hat HERTZ mit Wellen von ähnlicher Größe durch Spiegelung an Parabolspiegeln eine Konzentration der Strahlung in eine bevorzugte Richtung erreicht, wobei die Abmessungen der Spiegel ein Vielfaches der Wellenlänge betragen mußten.

In den größeren Verhältnissen der Funkerei wird man ähnliche Beziehungen zwischen Wellenlänge und Spiegelgröße innehalten müssen, um zu einer deutlichen Konzentration der Strahlung in eine bevorzugte Richtung zu gelangen. Keinesfalls kann man erwarten, daß unter irdischen Verhältnissen eine Strahlbildung im optischen Sinne bei Wellen von mehr als 100 m Länge mit einigermaßen scharfen Grenzen erreichbar ist; nur besonders kurze Wellen bieten Aussicht zu einer merklichen Konzentration der Wellen in eine bevorzugte Richtung, wie die Erfolge zeigen, die MARCONI in den letzten Jahren erzielt hat.

Leider ist eine vollständige Beschreibung der funkentelegraphischen Ausbreitungserscheinungen durch 2 Umstände noch sehr erschwert. Erstens gelingt es selten, genaue Messungen der fernen Felder auszuführen, die ein Sender ausstrahlt; Messungen, die auf 50% zuverlässig sind, stellen schon fast die Grenze dar, die in diesem schwierigen Meßgebiet bisher mit den besten Methoden erreicht worden sind. Zweitens sind die fernen Felder unregelmäßigen Schwankungen unterworfen, die aus Änderungen der Empfangstärke bekannt sind, die man beim Abhören ferner Stationen beobachtet. Die zahlreichen Theorien, die zur Erklärung dieser Wahrnehmungen ersonnen worden sind, vereinfachen sich in dem Maße, wie die Beobachtungen an Zuverlässigkeit zunehmen; heute kann als gesichert gelten, daß lange Wellen immer mit kleineren Beträgen ankommen, als man erwarten muß, wenn man eine ungestörte Ausbreitung berechnet. Vielleicht wird sich mehr und mehr die Annahme als richtig erweisen, daß sich die Schwankungen der Empfangstärken hinreichend durch die Luftströmungen in der Atmosphäre erklären lassen, die mit Dichteänderungen verbunden sind, welche ihrerseits die Atmosphäre für den Durchgang drahtloser Wellen in ähnlicher Weise trüben, wie es Luftschlieren bei Lichtwellen tun.

Dehnen wir den obigen Vergleich mit akustischen Wellen auf die Unregelmäßigkeiten der Ausbreitung aus, so fällt auf, daß die Schalleindrücke, die wir von einer Glocke empfangen, ebenfalls starken Schwankungen unterliegen; im Straßenlärm können wir eine Glocke vielleicht schon in 100 m Entfernung nicht mehr hören, die auf ruhigem Feld in vielen Kilometern Entfernung noch deutlich gehört wird; und daß mit Wind und Wetter die Fernwirkung der Glocke schwankt, ist eine Wahrnehmung, die uns zu geläufig ist, als daß wir viel darüber nachdächten, wie wir sie streng beschreiben sollten.

Häufig wird in der Funkerei von Reichweiten gesprochen; solange man darunter die Entfernung versteht, in der ein bestimmter Empfänger unter bestimmten Umständen die Zeichen eines bestimmten Senders aufnimmt, ist damit ein diskutabler Begriff verbunden; hingegen ist es kein einwandfreier Gebrauch des Wortes Reichweite, wenn man von der Reichweite einer Station spricht; denn jede irdische Station reicht 20 000 km weit, nämlich bis zu den Antipoden, wenn es auch von vielen Nebenumständen abhängt, bis zu welchem Bruchteil dieser Entfernung im Einzelfalle die Zeichen verstanden werden können.

Für den Fall einer ungestörten Wellenausbreitung kann man aus den oben mitgeteilten Formeln den Bruchteil η der Leistung eines Senders berechnen, der beim Gebrauch einer bestimmten Wellenlänge λ in einer Empfangstation in der Entfernung r wirksam gemacht werden kann. Wenn η_1 der Strahlungswirkungsgrad des Senders ist und η_2 der Strahlungswirkungsgrad des Empfängers, so gilt die Formel:

$$\eta = \frac{9}{16\,\pi^2} \cdot \eta_1 \eta_2 \cdot \left(\frac{\lambda}{r}\right)^2.$$

Diese Gleichung besagt, daß die Leistung, die ein ferner Empfänger aufnimmt, mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Mit dem Quadrat der Wellenlänge nimmt sie unter sonst gleichen Umständen zu, d. h. wenn Sender und Empfänger ihren Strahlungswirkungsgrad mit steigender Wellenlänge nicht verändern. Leider sind dies Umstände, die sich in der Wirklichkeit nicht gleich halten lassen; sondern wie an der Hand der Fig. 5 oben erläutert wurde, sinken die Strahlungswirkungsgrade auf winzige Beträge herab, wenn die Wellenlänge allzusehr gesteigert wird. Für die Praxis ergibt sich hieraus der Gesichtspunkt, daß man zur Überbrückung großer Entfernungen die größten Wellen benutzen soll, die man mit gutem Wirkungsgrad ausstrahlen und mithin auch empfangen kann, also Wellen von 1—2 km Länge, und Antennen von der Höhe von Schornsteinen.

Über die neue Form des Massenwirkungsgesetzes für kondensierte und zweiphasige Systeme.

Von RICHARD LORENZ, Frankfurt a. M.

In den letzten Jahren sind in meinem Laboratorium in Gemeinschaft mit Prof. FRAENKEL von verschiedenen Mitarbeitern eine Reihe von Gleichgewichten von Systemen äußerster Kondensation (Konzentration) mit Erfolg gemessen worden. Die Erkenntnis der Natur solcher Systeme ist seit langer Zeit ein oft geäußerter Wunsch vieler Chemiker gewesen, weil sich in ihnen die denkbar einfachste Art von Reaktionen betätigt, nämlich die ausgesprochene chemische „Wahlverwandtschaft" im ursprünglichsten Sinne. Es handelt sich um die Gleichgewichte von geschmolzenen Salzen mit ihren geschmolzenen Metallen.

Folgende Systeme sind bisher einer genauen Untersuchung unterzogen worden:

$$\begin{array}{rcl} Zn + PbCl_2 & \rightleftarrows & ZnCl_2 + Pb \\ Cd + PbCl_2 & \rightleftarrows & CdCl_2 + Pb \\ Sn + PbCl_2 & \rightleftarrows & SnCl_2 + Pb \\ 2\,Sb + 3\,PbCl_2 & \rightleftarrows & 2\,SbCl_3 + 3\,Pb \\ 2\,Bi + 3\,PbCl_2 & \rightleftarrows & 2\,BiCl_3 + 3\,Pb \\ Mg + PbCl_2 & \rightleftarrows & MgCl_2 + Pb \\ Cd + Tl_2Cl_2 & \rightleftarrows & CdCl_2 + 2\,Tl \end{array}$$

Bei diesen Reaktionen vermischen sich die beiden Salze im Schmelzflusse ineinander, ebenso die beiden Metalle. Metalle und Salze bilden dann 2 Phasen: über der flüssigen Metallphase lagert die flüssige Salzphase.

Es ist wichtig, sich die Eigenart solcher Reaktionen völlig klar zu vergegenwärtigen. Sie entsprechen nicht dem Typus derjenigen, die den gewöhnlichen Daniellelementen zugrunde liegen, obwohl dies zunächst so scheinen könnte. Schreiben wir die dem Daniellelemente:

$$Zn \mid ZnSO_4 \mid CuSO_4 \mid Cu$$

zugrunde liegende Reaktion als

$$Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$$

so erhalten wir zwar eine obigen Formeln scheinbar völlig analoge Gleichung, in Wirklichkeit bestehen aber zwischen ihr und den obengenannten Reaktionen doch grundlegende Verschiedenheiten. Im Daniellelemente verbleiben nämlich, auch wenn sich dasselbe noch so lange Zeit betätigt, Zink und Kupfer stets im reinen Zustande; bei der Einwirkung von geschmolzenem Cadmium auf geschmolzenes Bleichlorid aber mischt sich das ausscheidende Blei mit dem reagierenden Metalle, dem Cadmium; auch das sich bildende Cadmiumchlorid mischt sich mit dem Bleichlorid. Die Reaktion ist also dadurch charakterisiert, daß die entstehenden Stoffe im Augenblick ihrer Bildung von den reagierenden Stoffen verdünnt werden, und umgekehrt, die vorhandenen von den entstehenden.

Es ist daher begreiflich, daß die Reaktionen zwischen Metallen und Salzen im Schmelzflusse nicht nur von theoretischem Interesse sind, ihr Studium bildet auch den Schlüssel zur Lösung des vielleicht ältesten Problems der praktischen Chemie und Metallurgie, nämlich der Frage des Zusammenhanges zwischen Metall und Schlacke. Welche Gleichgewichte mögen wohl die Erscheinungen der Schmelzoperationen in Tiegeln oder in Öfen beherrschen und vielleicht für die Ausbeuten von maßgebendem Einfluß sein? Begreiflicherweise ist man in der metallurgischen Abteilung meines Laboratoriums damit beschäftigt, solche Fragen auch nach dieser Richtung hin aufzuklären. Bis zu kosmischen Konsequenzen sind solche Probleme in jüngster Zeit von G. TAMMANN durchgedacht worden. TAMMANN sieht unsere Erdkugel mit ihrem Metallkern und ihrer mineralischen Schale als ein „System: Metall und Schlacke" an und zieht aus dieser Anschauung eine Reihe von äußerst interessanten und wichtigen Schlußfolgerungen für die Geophysik und Kosmologie der Erde.

Da bei den Reaktionen zwischen Metallen und Salzen im Schmelzflusse von einem neutralen unbeteiligten Lösungsmittel im allgemeinen nicht die Rede ist, vielmehr nur reine Stoffe und deren Mischungen vorkommen, war eine Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes in der üblichen Form:

$$\begin{array}{rcl} Cd + PbCl_2 & \rightleftarrows & CdCl_2 + Pb \\ C_1 \quad\; C_2 & & C_3 \quad\; C_4 \end{array}$$

$$\frac{C_1 C_2}{C_3 C_4} = \text{konst.}$$

von vornherein schon nicht zu erwarten, denn dies Gesetz ist ja, wie die Thermodynamik zeigt, an die Gültigkeit der idealen Gasgleichung gebunden. Daß diese bei so kondensierten Systemen, wie dies geschmolzene Salze und geschmolzene Metalle sind, praktisch entweder versagen muß oder, selbst wenn sie die Ergebnisse der Beobachtung einigermaßen wiederzugeben imstande wäre, trotzdem nicht angewendet werden kann, ist vollkommen klar. Es war daher erforderlich, diesen Gegenstand auch theoretisch zu behandeln. Dies führte zur Ableitung eines neuen Massenwirkungsgesetzes für kondensierte Systeme, dessen Gültigkeit auch dann bleibt, wenn dieselben in mehrphasigem Zustande vorhanden sind. Dies gelingt[1]) durch eine richtige Anwendung der Lehre vom thermodynamischen Potential auf solche Fälle. Das neue Massenwirkungsgesetz hat die Gestalt

$$\frac{x}{1-x} \cdot \frac{1-x}{y} = K e^{u}. \qquad (1)$$

Hierin ist K die Konstante des neuen Massenwirkungsgesetzes. Äußerlich anscheinend derjenigen des alten ähnlich, keineswegs jedoch identisch mit ihr. x, $(1-x)$, y, $(1-y)$ bedeuten die Molenbrüche der reagierenden und entstehenden Stoffe, und weiter ist

$$u = \frac{\alpha}{RT} \frac{x^2 - \frac{(1-x)^2}{1+r}}{(1+rx)^2} - \frac{\alpha'}{RT} \frac{y^2 - \frac{(1-y)^2}{1+r'}}{(1+r'y)^2}. \qquad (2)$$

Dieser Ausdruck sieht auf den ersten Blick etwas kompliziert aus, die Erfahrung lehrt aber, daß er sehr einfach ist und man sich leicht an ihn gewöhnt. Es sind in ihm α, α', r, r' Konstanten, auf deren Natur hier nicht näher eingegangen werden soll. Nur sei erwähnt, daß sich α und α' auf die a- und b-Funktionen[2])

[1]) RICHARD LORENZ, Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. **138**, 285. 1925; Zeitschr. f. Elektrochem. **30**, 371. 1924. Eine ausführliche thermodynamische Ableitung haben J. J. VAN LAAR und RICHARD LORENZ, Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. **145**, 239. 1925, gegeben.

[2]) Es ist hier ausdrücklich „Funktionen" gesagt (siehe hierüber weiter unten).

der VAN DER WAALSschen Zustandsgleichung bezieht, r und r' aber ausschließlich auf die b-Funktionen. Diese letzteren Konstanten sind aus den Dichten der reinen Stoffe bei den Temperaturen des Gleichgewichtes ohne weiteres berechenbar. Da nun dann nur noch die Konstanten α α' und K übrigbleiben, so stellt das neue Massenwirkungsgesetz [Gleichung (1)] eine Gleichung mit nur 3 unbekannten Konstanten dar, wovon außerdem eine, nämlich K, dem früheren Gesetze analog ist. Die 3 Konstanten können aus je 3 Beobachtungen berechnet werden. Dabei umfaßt diese neue Gleichung dann restlos die ganzen Beobachtungsreihen solcher Gleichgewichte durch alle Konzentrationen hindurch. Es ist ein Gefühl der Überraschung und der Befriedigung, welches man bei der praktischen Anwendung dieser Gleichungen bekommt, wenn solche chemische Beobachtungen in zufriedenstellender Weise theoretisch und rechnerisch von ihnen beherrscht werden.

Folgende Tabelle läßt die Anwendung der Gleichung des neuen Massenwirkungsgesetzes an dem Beispiele des Gleichgewichtes

$$Cd + PbCl_2 \rightleftarrows CdCl_2 + Pb$$

erkennen.

Tabelle 1.

	Pb x	Cd $1-x$	$PbCl_2$ y	$CdCl_2$ $1-y$	C	$\log^{10} K$	
1	0,739	0,261	0,025	0,975	110,37	2,28	
2	0,760	0,240	0,035	0,965	87,40	2,24	
3	0,780	0,220	0,050	0,950	67,45	2,16	
4	0,799	0,201	0,068	0,932	54,57	2,10	
5	0,820	0,180	0,080	0,920	52,44	2,14	
6	0,840	0,160	0,100	0,900	47,25	2,21	
7	0,860	0,140	0,125	0,875	42,98	2,07	
8	0,875	0,125	0,152	0,848	38,99	2,08	
9	0,900	0,100	0,200	0,800	36,00	2,10	2,12
10	0,910	0,090	0,225	0,775	34,78	2,10	
11	0,920	0,080	0,250	0,750	34,50	2,13	
12	0,934	0,066	0,300	0,700	32,97	2,4	
13	0,957	0,044	0,450	0,550	27,15	1,14	
14	0,967	0,034	0,550	0,450	24,03	2,11	
15	0,975	0,025	0,650	0,350	20,98	2,13	
16	0,981	0,019	0,750	0,250	17,48	2,07	
17	0,986	0,015	0,850	0,150	11,56	1,98	

In dieser Tabelle enthalten die Kolonnen x und $(1-x)$ die Molenbrüche in der Metallphase Pb + Cd, die Kolonnen y und $(1-y)$ die Molenbrüche $PbCl_2 + CdCl_2$ der mit ihr im Gleichgewicht befindlichen Salzphase. Die angegebenen Werte sind aus zahlreichen Beobachtungen graphisch ausgeglichen und interpoliert. Die Größe

$$\frac{x}{1-x} \cdot \frac{1-y}{y} = C$$

müßte, wenn das „gewöhnliche" Massenwirkungsgesetz gültig wäre, konstant sein. Sie variiert aber von 110 bis 11, also um das 10fache ihres Betrages. Hingegen zeigt sich die nach dem neuen Gesetz berechnete Größe K als vollkommen befriedigend konstant. Wenn man bedenkt, daß geschmolzene Salze Flüssigkeiten sind, in denen die Konzentrationen (Anzahl der Mole im Liter) 20 bis 25fach normal sind, so dürfte die Leistungsfähigkeit der neuen Formel des Massenwirkungsgesetzes deutlich zutage treten.

Es sei gestattet, einem Einwande zu begegnen, der öfters in bezug auf die Anwendung der Gleichung von VAN DER WAALS bei der Berechnung von thermodynamischen Potentialen erhoben wird. Es wird auf die Unzulänglichkeit dieser Zustandsgleichung hingewiesen und damit bezweifelt, daß mit ihrer Anwendung eine wohlbegründete Lösung eines solchen Problems gefunden werden könne. Eine Kritik in dieser Allgemeinheit ist jedoch unbegründet (auch wenn sie heute vielfach der Gleichung von VAN DER WAALS gegenüber leider fast modern geworden ist). Besser ist es, mitzuberücksichtigen, welche Zwecke und Ergebnisse von der Anwendung einer bestimmten Zustandsgleichung erreicht werden sollen. Soll beispielsweise die Gesamtheit der Zustände eines Stoffes in Gestalt der Isothermenscharen genau beschrieben werden, so wird man sicherlich — das ist wohl heute allgemein bekannt — an die Gleichung von VAN DER WAALS (insbesondere bei deren fehlerhaften Anwendung mit a und b als Konstanten) einen strengen kritischen Maßstab anlegen müssen. Aber um so etwas handelt es sich hier gar nicht, sondern um Verhältnisse, die sich im wesentlichen auf dem Flüssigkeitszweige der Kondensationskurve bei konstanter Temperatur abspielen, und noch dazu in einem relativ kleinen Intervall, das obendrein in der Mehrzahl der Fälle für die Komponenten des Gleichgewichtes ein beinahe „übereinstimmendes" ist. Daß es in solchem Falle möglich ist, mit Hilfe passend gewählter Größen der a- und b-Funktion der Gleichung von VAN DER WAALS die Zustände zu erfassen, hat doch wohl noch niemand ernstlich bezweifeln können, der solche Rechnungen wirklich ausgeführt hat. Nun bedenke man ferner, daß die neuen Gleichungen der Massenwirkungen sich auch noch bewähren, wenn man die Konstanten r und r' gar nicht einmal willkürlich wählt, sondern rationell berechnet; es dürfte dann einleuchten, daß doch nicht jede Kritik einer Anwendung der Gleichung von VAN DER WAALS richtig ist. Es kommt hinzu, daß man heute durch die prachtvollen Untersuchungen VAN LAARS[1]) auch theoretisch in hervorragendem Maße darüber aufgeklärt ist, welches die von VAN DER WAALS uns hinterlassenen Funktionen $(a, b) = f(v, T)$ sind und die Vorschriften über die Berechnung der Konstanten α α' und r r' hiernach abgeleitet wurden. Selbst wenn man diesen Untersuchungen die denkbar ungünstigste Wertung zukommen lassen will, so müßte man diese (in den Grundlinien übrigens bereits von VAN DER WAALS selbst gezeichneten) Formeln doch mindestens als ganz vorzügliche und zuverlässige Korrekturen gelten lassen. Nun lehrt aber jetzt schon die Theorie, daß selbst ein solcher Standpunkt nur mit größter Vorsicht ausgesprochen werden dürfte, weil sich für diese Konstanten, ihre Beziehung zu den Mischungswärmen der Stoffe angeben lassen[2]). Diese theoretisch gefundenen Beziehungen werden zur Zeit durch besondere Experimentaluntersuchungen in meinem Laboratorium verifiziert[3]).

Mögen diejenigen, die, ohne mit solchen Zweifeln belastet zu sein, sich diesen Experimentalarbeiten gewidmet haben, nach wie vor durch solche Sorgen nicht behindert sein, den Ausbau der physikalischen Chemie gerade nach diesen Richtungen hin freudig fortzusetzen.

---

[1]) Vgl. J. J. VAN LAAR, Die Zustandsgleichung. Leopold Voß, Leipzig 1924.

[2]) Vgl. hierüber J. J. VAN LAAR und RICHARD LORENZ, Berechnung von Mischungswärmen kondensierter Systeme. Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chem. **146**, 41. 1925.

[3]) Arbeiten hierüber sind in meinem Institute im Gang. Die Notgemeinschaft hat zu diesem Zwecke in dankenswerter Weise Mittel zur Verfügung gestellt.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Der Herausgeber hält sich für die Zuschriften und vorläufigen Mitteilungen nicht für verantwortlich.

Spektroskopische Untersuchung des Reaktionsleuchtens.

In der Absicht, auf optischem Wege einen Einblick in die Kinetik der chemischen Reaktionen zu gewinnen, haben wir die Verbindungsreaktionen von Alkali-Metalldämpfen mit Joddampf spektroskopisch untersucht; diese waren fürs erste gewählt, da ihre Spektren gut bekannt sind.

Die reagierenden Dämpfe wurden durch Erhitzung der Stoffe in 2 Ansätzen eines Quarzglasrohres im *Vakuum* erzeugt, um allen störenden Einfluß von beigemischten Gasen auszuschließen. Auf diese Weise konnte man leicht eine Lumineszenz in Gestalt einer hell leuchtenden Wolke bekommen, die den ganzen Querschnitt des Rohres an der Stelle, wo die Dämpfe zusammentrafen, erfüllte. Beobachtung erfolgte durch ein Quarzfenster. Die Aufnahmezeiten in einem lichtstarken Quarzspektrographen betrugen 15—30 Min.

Die vorläufigen Ergebnisse sind folgende:

Entsprechend den freiwerdenden Reaktionsenergien werden nur diejenigen Linien der Hauptserie der Alkalien beobachtet, zu deren Anregung diese Energien ausreichen; im allgemeinen überwiegt aber die Intensität des ersten Gliedes der Serie die des zweiten. Ob die Intensitätsverhältnisse dieselben sind wie bei anderen Arten der Erregung, wird die weitere Untersuchung zeigen.

Die Energieverhältnisse sind aus dem folgenden Schema zu entnehmen. Die beobachteten Linien sind mit einem Stern versehen.

Die Linie 3302—3 des Na fehlt auch bei einstündiger Exposition, bei der die D-Linien ganz überexponiert sind.

Neben diesen Serienlinien sind auch Banden vorhanden, die sich den Linien anschließen und scheinen mit den sonst in Fluorescenz und Absorption bei Alkalidämpfen auftretenden Banden identisch zu sein. Es findet danach eine Anregung von Alkalimolekülen statt. Dagegen fehlt bemerkenswerterweise jegliche Emission seitens des Jodmoleküls oder ein etwaiges Affinitätsspektrum.

Reaktion	Reaktionswärme in Cal pro Mol	Linien	λ	Anregungsenergie in Cal pro Mol
(Na) + ½(J₂)[1]	63,5	1s—2p	5890—6*	48
		1s—3p	3302—3	86
(K) + ½(J₂)	71	1s—2p	7665—99*	37
		1s—3p	4044—8*	70
		1s—4p	3446—7	82,5
(Rb) + ½(J₂)	71	1s—2p	7800—948*	36
		1s—3p	4202—16*	67,5
		1s—4p	3349—51	85

Eine interessante Tatsache gibt die Untersuchung der Breite der emittierten Linien im Stufengitter; es sind nämlich die D-Linien sehr verbreitert und verwaschen, mehr als es dem herrschenden Dampfdruck und Temperatur (die ganz gering waren) entspricht. Die D_1-Linie ist dabei merklich breiter als die D_2-Linie, umgekehrt dem gewöhnlichen Verhalten. Daraus ist zu schließen, daß diese Linien wirklich von abnorm schnellen Atomen emittiert werden, die den Überschuß der Reaktions- über die Anregungsenergie als kinetische Energie beibehalten haben. Eine quantitative Durcharbeitung dieser Tatsachen verspricht wichtige Aufschlüsse über den Reaktionsvorgang zu geben.

Leningrad, Optisches Institut, September 1925.
K. Lialikov, Ekaterinoslaw und A. Terenin, Leningrad.

[1]) (Na) + ½(J₂) = (NaJ) + 63,5. Die Zahlen für die Reaktionswärme müssen noch auf die Versuchstemperatur reduziert werden.

Biologische Mitteilungen.

Erfolgt die Geschlechtsbestimmung bei den Säugern nicht durch den Chromosomenmechanismus? Durch ein consentium omnium ist seit Jahren nicht mehr in Frage gezogen worden, daß bei allen Säugern inklusive des Menschen die Geschlechtsbestimmung durch den Chromosomenmechanismus erfolgt und es liegen eine Reihe zwingender — wenn auch meist indirekter — Beweise dafür vor, daß bei den Säugern die Männchen heterogametisch sind, d. h. männchen- und weibchenbestimmende Spermatozoen bilden, während die Weibchen nur eine Art von Eiern produzieren. Neuerdings glaubt nun E. Leupold (Die Bedeutung des Cholesterin-Phosphatidstoffwechsels für die Geschlechtsbestimmung, Jena 1924) durch Experimente an Kaninchen nachgewiesen zu haben, daß dem nicht so ist, daß vielmehr die Weibchen die heterogametischen Individuen sind. In einigen Worten sei hier das Resultat, zu dem Leupold bei seinen Experimenten über den Einfluß des Blutcholesterins auf die Sexualproportion kam, resümiert. Auf eine Erörterung über den 2. und 3. Teil der Arbeit („Die Geschlechtsanlage" und „Die Theorie der Geschlechtsbestimmung") verzichte ich, da beide völlig in der Luft hängen — es fehlt sowohl die nötige chemisch-physiologische Basis, auf der allein die Spekulationen Leupolds diskussionsfähig wären, wie die Auseinandersetzung mit den Beobachtungsdaten der außer-Leupoldschen Welt, die ja auch unter den neuen Hut gebracht werden müßten.

Leupolds Experimente gingen darauf aus, den Blutcholesteringehalt der Versuchstiere zu ändern. Das wurde erreicht durch verschiedene Fütterungsmethoden, mit denen die Tiere vor der Deckung 14 Tage bis 6 Wochen lang vorbehandelt wurden. Alle Experimente, in denen die Männchen vorbehandelt und dann von ihnen normale Weibchen gedeckt wurden, verliefen negativ, d. h. das Geschlechtsverhältnis der Nachkommen wies die normale, ungefähr gleichmäßige Verteilung auf beide Geschlechter auf. Deshalb berichtet Leupold nur eingehend über die Resultate mit Weibchen. Diese Resultate repräsentieren sich als folgende „Gesetze": 1. „Die Eizelle des Kaninchens wird nur dann weiblich differenziert, wenn Lecithin in genügender Menge im Blutserum vorhanden ist." 2. „Die Eizelle des Kaninchens wird weiblich differenziert, wenn unter Wahrung einer bestimmten Lecithinkonzentration eine Cholesterin-Lecithinvermehrung im Serum eintritt." 3. „Die Eizelle des Kaninchens wird männlich differenziert, bei relativer Lecithinarmut des Serums." 4. „Die Eizelle des Kaninchens wird männlich differenziert, wenn ein Verlust an Cholesterin und Lecithin im Blutserum eintritt."

Diese Gesetze lassen sich auch durch Formeln ausdrücken und in schematischen Idealkurven sehr anschaulich darstellen. Zu den *tatsächlichen* Zahlen, die als Grundlage für die Folgerungen dienen, ist zu sagen, daß sie vollständig ungenügend sind. Dazu diene die

folgende Illustration. In der Besprechung eines seiner Versuche sagt LEUPOLD: „Bei beiden Tieren war die Konzentration der Phosphatide hoch, beide gaben auch entsprechend der ansteigenden Cholesterinkurve einen Weibchenüberschuß." Das eine der Tiere warf nämlich 3 ♂♂ und 5 ♀♀, das andere 1 ♂ und 2 ♀♀! Es wäre natürlich lächerlich über solche Schlußfolgerungen auch nur ein Wort zu verlieren. Fassen wir aber alle Daten sinngemäß zusammen, so scheinen sie wirklich eine Veränderung der Geschlechtsproportion durch die Versuchsbedingungen anzudeuten. Sichere Schlußfolgerungen lassen sich freilich auch aus dem Gesamtmaterial noch nicht ziehen.

Nehmen wir an, daß die Phosphatidkonzentration des Blutes des mütterlichen Tieres wirklich einen Einfluß auf das Geschlechtsverhältnis der Nachkommen hat, folgt dann daraus zwangsläufig, wie LEUPOLD es darstellt, daß die Weibchen heterogametisch sind und der verschiedene Phosphatidgehalt die Geschlechtsdifferenzierung der Eier beeinflußt? Keineswegs. Es liegt eine andere Erklärungsmöglichkeit sehr nahe, nämlich daß die Schwankungen der Phosphatidkonzentration im Zeitpunkt der Befruchtung eine selektive Wirkung auf die zur Befruchtung kommenden Spermien ausüben. Man wird dabei zuerst an eine dem Phosphatidgehalt entsprechende Änderung der Hydroxylionenkonzentration in den weiblichen Geschlechtswegen denken. Die Annahme, daß unter normalen Ernährungsverhältnissen und dadurch gegebener mittlerer OH-Ionenkonzentration männchen- wie weibchenbestimmende Spermatozoen sich in optimalen Bedingungen befinden, die Befruchtung also zufallsmäßig erfolgt; daß bei Zunahme des Phosphatidgehaltes (Zunahme der OH-Ionenzahl) die männchenbestimmenden und im umgekehrten Fall die weibchenbestimmenden Spermien vorzugsweise geschädigt werden, würde uns die Möglichkeit geben, alle Versuchsergebnisse LEUPOLDS zu erklären. Daß eine solche differentielle Schädigung der beiden Spermienarten durch Chemikalien möglich ist, haben die Alkoholversuche von COLE und DAVIS bewiesen (COLE and DAVIS, The Effect of Alcohol on the Male Germ Cells Studied by Means of Double-Matings, Science, N. S. **39**, [14]). Experimente in dieser Richtung wären überaus wichtig, weil sie vielleicht einen wesentlichen Beitrag zur Beantwortung der Frage nach den Ursachen der Abweichung des Geschlechtsverhältnisses von der Norm, nämlich 1 : 1, liefern könnten. Die meisten statistischen Angaben, die wir über diese Abweichungen haben, stimmen darin überein, daß die schlechtere soziale Lage sei es einer Bevölkerungsgruppe oder ganzer Bevölkerungen, einen Überschuß von männlichen Geburten verursacht. Es wäre durchaus möglich, daß verschiedene Ernährungsbedingungen durch ihren Einfluß auf den Cholesterin-Phosphatidstoffwechsel in der oben angedeuteten Weise selektiv auf die Spermien wirken und damit ein Übergewicht des einen Geschlechtes bedingen.

WALTER LANDAUER.

Zum Problem der Ocellenfunktion bei den Insekten. (H. Homann, Zeitschr. f. vergl. Physiol. 1. 1924.) Die vielumstrittene Frage nach der Funktion der Stirnaugen (Ocellen) der Insekten wurde von HOMANN erneut in beachtenswerter Weise in Angriff genommen. Er bestimmte die optischen Konstanten der Ocellen von der Fliege Eristalis tenax und der Ameise Formica rufa ♀. Mit Hilfe eines Vertikalilluminators, der als mikroskopischer Augenspiegel diente, konnte der Abstand der Retina von der vorderen Linsenfläche bei Eristalis als durchschnittlich 0,110 mm und bei Formica als 0,045 mm betragend festgestellt werden. Der mittlere Krümmungsradius der Ocellenlinse wurde nach der auch beim menschlichen Auge benutzten Methode der Feststellung des Verhältnisses der Größe der Spiegelbilder zur Größe der gespiegelten Gegenstände berechnet und bei Eristalis als 0,123 mm betragend festgestellt. Die Schärfe der von der Linse entworfenen Bilder wurde durch das Mikroskop beobachtet und photographisch festgehalten. Ein Fenster mit einem aufgeklebten V konnte gut im Bild erkannt werden, und die Gesichtsfelder der 3 Ocellen stellten sich als kaum verschieden heraus. Das Auflösungsvermögen der Linse wurde experimentell für Eristalis mit 20′ für Formica mit 42′ festgestellt. Im Vergleich zu optisch gut korrigierten Linsen vom Bau dieser Ocellen, deren Auflösungsvermögen 8′ bzw. 28′ betragen würde, ist dies eine relativ gute Leistung. Die Brennweite betrug für Eristalis im Mittel 0,290 mm, für Formica 0,075 mm, der Brechungsindex für Eristalis 1,52, das Öffnungsverhältnis 1,8 bzw. bei Formica 1,5, die Lichtstärke ist also sehr groß. Da die Brennweite der Linse sehr kurz ist, ist in Entfernungen von 3—4 mm bereits eine Einstellung auf „unendlich" vorhanden, so daß also eine Akkomodation unnötig wäre. Da der Winkelabstand der Rhabdome 3—10° beträgt, ist eine genaue Rezeption des an sich scharfen Bildes der Linse nicht möglich, der „Raster" des Retinabildes ist zu grob. Wenn schon dieses Moment gegen ein Bildsehen der Ocellen spricht, so kommt als wichtigstes Argument dagegen noch die Beobachtung hinzu, daß das Bild bei den meisten Ocellen gar nicht auf die Retina, sondern dahinter, in einzelnen Fällen auch davor fällt. Eine Reihe von Versuchen zeigte, daß die Tiere gegenüber herannahenden Objekten von einem bestimmten Sehwinkel (scheinbare Größe der Objekte) an durch Aufrichten reagierten, und zwar mußte der Sehwinkel um so größer sein, je größer die Entfernung des Objektes war. Diese interessante Erscheinung, die wahrscheinlich durch ein Entfernungsschätzen bedingt ist, wurde auch durch Ausschalten eines Facettenauges nicht aufgehoben. Ausschaltung der Ocellen hatte gar keinen Einfluß auf diese Reaktion, Tiere mit bedeckten Facettenaugen, aber mit erhaltenen Ocellen verhielten sich wie blind. Theoretische Überlegungen führten den Verf. auf Grund seiner Ergebnisse zu dem Resultat, daß die Ocellen weder für Fern- oder Nahsehen, noch auch für eine Entfernungslokalisation da seien, sondern daß sie wegen der Unmöglichkeit einer Bildperzeption und wegen ihrer großen Lichtstärke lediglich der Helligkeitsrezeption und der Richtungslokalisation, also einfachen phototaktischen Reaktionen dienen. Da die Ocellen den Facettenaugen an Helligkeit etwa um das $4^1/_2$fache überlegen sind, gewinnt diese Annahme an Wahrscheinlichkeit. Je besser ein Appositionsauge ist, desto lichtschwächer ist es. Deshalb haben Tiere wie z. B. die Libellen neben ihren guten Facettenaugen noch große Ocellen. Schnell fliegende Tiere benötigen also nicht, wie man bisher angenommen hat, wegen ihrer großen Geschwindigkeit gute Ocellen, sondern wegen ihrer guten Facettenaugen, damit der durch diese bedingte Verlust an Lichtstärke ausgeglichen wird.

Anläßlich Versuchen über Vitaminwirkung und Oberflächenaktivität gelangte H. JUNKER zu sehr merkwürdigen Ergebnissen **über die Wirkung extrem verdünnter Substanzen auf Paramäcien.** (Biol. Zentralbl. 45, H. 1. 1925.) Er konnte beobachten, daß die Wirksamkeit verschiedener Stoffe selbst in Verdünnungen bis zu $1 : 10^{27}$ nicht aufgehoben wurde. Die Wirksamkeit der untersuchten Stoffe (Orangensaft, Citronensaft, Coffein (freie Alkaloidbase) und Atropinum sulfuricum), die mit einer Nährlösung verdünnt wurden,

wurde an den Vermehrungszahlen von Paramäcien geprüft, und die Resultate wurden kurvenmäßig aufgezeichnet. Zur Kontrolle wurde die Nährlösung statt mit dem Untersuchungsstoff in genau gleicher Weise mit Wasser versetzt. Die Kurven zeigten, daß alle genannten Stoffe in den starken Verdünnungen im Gegensatz zu den Kontrollen ungefähr gleiche Wirkungen ausübten. Ein Minimum in der Vermehrungsstärke zeigte sich durchschnittlich etwa in einer Verdünnung von $1 : 10^6$, ein zweites stärkeres Minimum bei $1 : 10^{12}$ bis 10^{16} und weiterhin etwa bei $1 : 10^{24}$. Zwischen den Minimis, die charakteristische gleichmäßige Bildungen aufweisen, lagen allerdings weniger regelmäßige Maxima der Vermehrung. Die Versuche deuten also durch die im ganzen große Regelmäßigkeit ihrer Ergebnisse darauf hin, daß von einem gewissen Punkt der Verdünnung ab die Stoffe ihre spezifische Wirksamkeit verlieren und nur noch eine allen Stoffen gemeinsame Wirksamkeit entfalten. Wenn man bedenkt, daß von Verdünnungen von etwa $1 : 10^{30}$ ab nur noch ganz wenige oder gar keine Moleküle des Ausgangsstoffes vorhanden sind, so läßt sich von der Art der Wirkung dieser Stoffe vorläufig schwer eine Vorstellung machen. Von Spekulationen über die Natur der mitspielenden Kräfte sieht der Verf. daher vorerst verständlicherweise ab. K. Baldus.

Chemische Mitteilungen.

Nagaoka zur Frage der Umwandlung von Quecksilber in Gold. Die Versuche des Autors haben ursprünglich zum Ziel gehabt, die radioaktiven Umwandlungen zu beschleunigen und künstlich den Zerfall von nichtradioaktiven Atomen durch elektrische Felder extremer Intensität hervorzurufen. Der Autor hat aus einer merkwürdigen Beobachtung Vorteil gezogen, die gemeinsam mit Herrn Sugiura bei den Versuchen über den Starkaffekt gemacht worden ist. Bei metallischen Lichtbögen mit einer Selbstinduktion in Serie und einer großen Kapazität im Nebenschluß existiert in der Nachbarschaft der Elektroden ein ungeheures elektrisches Feld. So erreicht dieses Feld bei Silberelektroden den 4400fachen Betrag vom Mittelwert des angelegten Feldes. Das Quecksilber wurde als eine für die Versuche geeignete Substanz ausgewählt, weil die Untersuchung der Feinstruktur seines Spektrums ergeben hatte, daß dieses Element wahrscheinlich als bis zu einem gewissen Grade metastabil betrachtet werden kann. Wenn man mit Hilfe einer Induktionsspule von 120 cm Funkenlänge in Luft eine kondensierte Entladung zwischen einer Wolframelektrode und einer Quecksilberelektrode, die von Paraffinöl oder Transformatoröl überdeckt ist, übergehen läßt, so wandelt sich das Quecksilber teilweise in Gold und in ein weißes Metall um, welches zum größten Teil aus Silber zu bestehen scheint. Das Quecksilber war für diesen Versuch 3 oder 4 mal durch Vakuumdestillation unterhalb von 200° gereinigt. Man hat aufs sorgfältigste mit allen bei dem Versuch anwesenden Stoffen Kontrollversuche gemacht. Die schwarze pastenartige Masse, die bei der Entladung entsteht, wurde durch chemische Mittel untersucht oder, was bequemer ist, durch Bildung von Rubinglas als goldhaltig erwiesen. Dieses wurde in Form zahlreicher Flecken am Boden eines speziellen Destillationskolbens erhalten. Das Quecksilber und die Kohle, die der Entladung ausgesetzt gewesen waren, waren abgetrennt. Die mikroskopische Beobachtung zeigte die Anwesenheit von Gold in Form kleiner Teilchen und hauptsächlich in kolloidalem Zustand. Diese Teilchen ergaben im reflektierten und im durchgehenden Licht Komplimentärfarben. Es scheint ein kritischer Wert für die Intensität des zur Umwandlung erforderlichen Feldes zu bestehen, und das Ergebnis ist in jedem Falle vielfältig. Silber erhält man hauptsächlich, wenn man die Entladung durch Quecksilbertropfen gehen läßt, die in das Öl fallen. Die gleichzeitige Umwandlung von Quecksilber in Silber und in Gold scheint eine große Bedeutung in kosmologischer Hinsicht zu haben. Die Betrachtung der Isotopen der verschiedenen Elemente zeigt, jedenfalls für den Augenschein, eine gewisse Verwandtschaft zwischen der Struktur verschiedener Kerne, z. B. zwischen Hg und Sn, zwischen Sn und Cd, zwischen Xe und Sn, zwischen Kr und Se usw. Durch das Studium der verschiedenen Atomumwandlungen kann man in gewisse Fragen nach dem Atomkern, die bisher dunkel sind, Licht bringen.

Eine neue Methode zur Entfärbung des rezenten und fossilen Chitins, sowie fossiler Zellulose. Während chemischer Untersuchungen an fossilem Chitin, welche ich im weiteren Verfolg meiner Arbeit über Graptolithen[1]) im Geologischen Institut[2]) der Universität Königsberg i. Pr. ausführte, habe ich eine neue Methode zur Entfärbung des vollständig dunkel und undurchsichtig gewordenen fossilen Chitins gefunden, über die ich hier in Kürze berichten will. Mit dieser Methode konnte ich auch beim Aufhellen rezenten Chitins und beim Angreifen verschiedener tierischer Inkrusten sehr gute Resultate erzielen. Gegenüber der bekannten Bleichung mit „Diaphanol"-Chlordioxydessigsäure[3]) stellte sich bei der neuen von mir angewandten Methode heraus, daß dabei nicht nur dieselben, sondern sogar bessere Ergebnisse erzielt wurden, wobei noch besonders die weit kürzere Zeitdauer des Bleichungsprozesses ins Gewicht fällt; hier wurde nämlich in wenigen Minuten das Gleiche erreicht, wie bei Anwendung von Diaphanol in einem Zeitraum von 1—3 Tagen.

Besonders für mikroskopisch kleine Objekte ist diese sehr einfache Methode gut geeignet, weil man die Bleichung in ca. 10—20 Minuten unmittelbar auf dem Objektträger vornehmen und direkt unter dem Mikroskop kontrollieren kann. Man verwende für diesen Zweck tunlichst ein Mikroskop, das bereits zu solchen chemischen Untersuchungszwecken diente, da das Chlor und die Säuredämpfe die Metallteile matt beschlagen lassen. Jedoch auch bei einem solchen ist es ratsam, die Metallteile, besonders des Objekts, vorher mit Vaseline einzureiben.

Man verfahre bei der Bleichung folgendermaßen: Ist das Objekt klein, so lege man es auf einen in der Mitte mit Hohlschliff versehenen Objektträger, wie solche bei bakteriologischen Untersuchungen für Hängetropfenkulturen benutzt werden, und bringe auf dasselbe ein bis zwei Tropfen reine, konzentrierte Salzsäure. Danach läßt man auf die Oberfläche dieses Tropfens einige Kryställchen von Kaliumchloratchlorsaures Kalium = $KClO_3$ (offizinelle Bezeichnung in Deutschland „Kalium chloricum") fallen. Es bilden sich dann sofort um diese Kryställchen Bläschen von

[1]) „Ontogenetische Entwicklung und Biologie von Diplograptus und Monograptus" erscheint in der Palaeontol. Zeitschr. 1925, H. 4.

[2]) Auch für diese Arbeit stellte Herr Professor Dr. K. Andrée in zuvorkommender Weise die Hilfsmittel seines Institutes zur Verfügung, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen möchte.

[3]) Welche mit so großem Erfolge von Prof. P. Schultze und Prof. H. v. Lengerken angewendet wurde.

freiem Chlor, welches dann den ganzen Tropfen durch Auflösen sättigt und gelb färbt. Dieses Chlor entfärbt nun in statu nascendi verhältnismäßig schnell das in dem Tropfen liegende Objekt. Der chemische Vorgang kommt durch die bekannte Formel $ClO_3K + 6\,HCl = KCl + 3\,H_2O + 3\,Cl_2$ zum Ausdruck.

Man nehme jedoch am besten keine äquivalente Mengen, vielmehr ist ein gewisser Überschuß von Säure deshalb zu empfehlen, weil durch die Gegenwart von Säure eine noch tiefer greifende Bleichung verursacht wird. Bei „Diaphanol" wird die Entfärbung durch Chlordioxyd ClO_2 hervorgerufen, dagegen bei meiner Methode spielt die entfärbende Rolle das Chlor „in statu nascendi" deshalb auch die rapide Wirkung.

Bei Untersuchungen an fossilem (silurischem) Chitin (Graptolithen) stellte sich nun heraus, daß die Präparate zum Teil ihre verlorengegangene Elastizität wieder erhielten, wie das auch bei Diaphanol der Fall ist[1]). Nach der Behandlung zeigte sich, daß das fossile Chitin nicht zerstört, sondern bis in die feinste Struktur erhalten war und eine gelb-orange durchscheinende Farbe bekam, so daß man glauben könnte, rezente Objekte vor sich zu haben. Es ist unbedingt notwendig, nachdem die Objekte entfärbt sind, dieselben mit destilliertem Wasser auszuwaschen, wozu eine Pipette oder Capillare dient. Das Objekt wird dann in Canadabalsam eingebettet, wodurch es noch durchsichtiger wird. Die Methode kann auch erfolgreich zur Entfärbung fossiler Cellulose angewandt werden. Ich habe hier zur Erläuterung 2 Mikroaufnahmen von Schnitten durch in Braunkohle umgewandeltes miocänes Holz (aus der Samländischen Braunkohlenformation) abgebildet, wobei die eine Aufnahme Fig. 1 ein unentfärbtes Objekt, die andere, Fig. 2, ein Stück gleicher Dicke und von gleichem Holz nach 10 Minuten der Behandlung zeigt. Es ist natürlich, daß, je dünner die Schnitte durch das Braunkohlenholz sind, diese desto schneller entfärbt werden. Ich lasse nicht unerwähnt, daß auch größere Objekte nach der beschriebenen Methode entfärbt werden können; man nimmt dann am besten die Entfärbung in fest verschließbaren Glasgefäßen vor, und dehnt dieselbe, falls erforderlich, auf mehrere Stunden aus. Die Substanz des Objektes leidet darunter nicht an Haltbarkeit.

Ich habe ferner die Erfahrung gemacht, daß in allen den Fällen, wo durch das Diaphanol der gewünschte höchste Grad der Aufhellung nicht mehr erreichbar war, dieser durch eine nachträgliche Behandlung nach meiner Methode oft in wenigen Minuten erzielt wurde. Diese Methode kann also auch mit der Diaphanolmethode kombiniert werden. Ich möchte weiter darauf hinweisen, daß die Beschaffung von Diaphanol oft auf Schwierigkeiten stößt, da es meistens nicht überall und nur von wenigen führenden Firmen bezogen werden kann, und daß außerdem das Diaphanol bei längerer Lagerung seinen Gehalt an ClO_2 verliert und damit nicht mehr gebrauchsfähig bleibt. All diese Schwierigkeiten fallen bei der neuen Methode fort. PAUL KRAFT.

[1]) Bei Diaphanol wurde das von Herrn Professor H. VON LENGERKEN, Berlin, festgestellt.

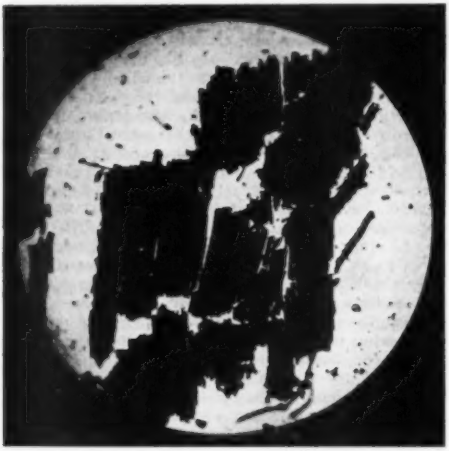


Fig. 1. Unentfärbt.

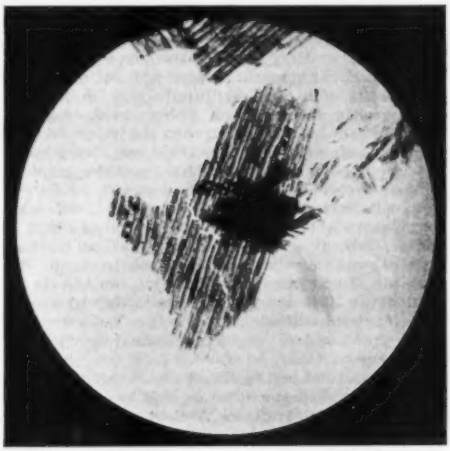


Fig. 2. Entfärbt (nach neuer Methode).

Zwei Dünnschnitte durch Braunkohlenholz. (Mikroaufnahme.)

38. Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker zu Nürnberg am 1.—5. September 1925. Zu Beginn der ersten allgemeinen Sitzung verkündete der Vorsitzende Prof. Dr. F. QUINCKE die Ehrungen, die seitens des Vereins beschlossen worden waren. Der Direktor der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Prof. Dr. CARL BOSCH, wurde in Anbetracht seiner hervorragenden Leistungen auf technisch-chemischem Gebiet, insbesondere für die Ausgestaltung der technischen Gasreaktionen, zum *Ehrenmitglied* ernannt. Prof. Dr. GUSTAV TAMMANN, Göttingen, „der bahnbrechend die Eigenschaften von Krystallen, Lösungen und Schmelzen untersuchte und die Arbeit dreier Jahrzehnte durch Weisung neuer Wege in wissenschaftlicher und praktischer Metallographie krönte", erhielt die *Liebig-Denkmünze*, und Prof. Dr. OTTO WARBURG in Berlin-Dahlem, „der in grundlegenden Untersuchungen über das Wesen der Aktivierung des Luftsauerstoffs durch Schwermetalle die Vorgänge bei der Atmung dem Verständnis nähergebracht und weiterhin über den Stoffwechsel der Geschwülste neue chemische Kenntnisse ge-

schaffen hat", die *Adolf von Baeyer-Denkmünze* der *C. Duisburg-Stiftung*.

Die allgemeinen Vorträge betrafen Gegenstände, die augenblicklich von besonderer Bedeutung für die chemische Technik und Wissenschaft sind.

Prof. Dr. KLAGES aus Magdeburg sprach über *die Bekämpfung der Getreidekrankheiten mit chemischen Mitteln*. Rost, Brand und Fusarium vernichten jährlich einen sehr großen Teil der Getreideernte; für Steinbrand und Fusarium berechnet sich der Schaden allein in Deutschland auf rd. 200 Millionen Mark. Durch Beizung der gesamten Saatgutes könnten über drei Viertel dieser Summe erspart und unsere Körnerernte entsprechend vergrößert werden. An Stelle des in früheren Jahrzehnten hauptsächlich als Beizmittel verwendeten Kupfervitriols sind neuerdings komplexe Quecksilberverbindungen getreten; diese wirken noch energischer tötend auf die Pilzsporen, ohne die hemmende Wirkung auf die Keimung zu besitzen, die bei Kupfervitriol leicht eintritt. Sehr energisch wandte sich der Redner gegen das weitverbreitete Geheimmittelwesen im Pflanzenschutz, dessen Unterdrückung durch Reichsgesetz er befürwortete.

Prof. Dr. O. RUFF, Breslau, berichtete über *aktive Kohle und ihr Adsorptionsvermögen*. Die aktive Kohle ist seit einer Reihe von Jahren ein hochwichtiges technisches Mittel für die Verdichtung von Gasen und Dämpfen geworden. Prof. RUFF hat einerseits eine Methode zur quantitativen Bestimmung der Aktivität ausgearbeitet und andererseits die Bildung und das Verhalten des Kohlenstoffs bei höheren Temperaturen studiert und röntgenographisch verfolgt. Dabei konnte die Existenz des amorphen Kohlenstoffs, die in neuerer Zeit bezweifelt worden war, exakt nachgewiesen werden.

Prof. Dr. SCHÖNDORF, Hannover, schilderte die *Hannoverschen Erdölvorkommnisse*. Zwar bildet die deutsche Gewinnung an Erdöl nur einen winzigen Bruchteil der Gesamtproduktion der Erde, besonders seit wir durch die Abtrennung des Elsaß die in früherer Zeit wichtigsten Quellen verloren haben; für den deutschen Verbrauch ist aber das heimische Erdöl nicht ohne Bedeutung. Diese hat sich in den allerletzten Jahren erheblich gesteigert. Einerseits durch die Erschließung neuer Ölhorizonte mit ihren starken Springquellen und andererseits durch die Ausbildung des Schachtbetriebes. Während man beim Bohrbetrieb nur 10% des vorhandenen Öls gewinnt, kann man beim bergmännischen Arbeiten mit Ausbeuten bis zu 90% rechnen. Allerdings muß man den großen Gefahren dieser Betriebsart zu begegnen wissen.

In der zweiten allgemeinen Sitzung berichtete Fräulein Dr. IDA TACKE über die Entdeckung des *Rheniums und Masuriums*, die sie in Gemeinschaft mit Reg.-Rat Dr. NODDACK durchgeführt hat[1]). Die Darstellung größerer Mengen dieser Elemente hängt nur davon ab, wie große Mittel man dafür aufwendet.

Die volkswirtschaftlich besonders wichtige Aufgabe der Darstellung von Schwefeloxyden aus deutschen Rohmaterialien betraf der Vortrag Prof. Dr. J. W. MÜLLERS, Leverkusen: *Über das Gips-Schwefelsäureverfahren der Farbenfabriken vorm. Fried. Bayer & Co.* Der Krieg hat bei uns eine Reihe von Fabrikationsmethoden gezeitigt, die uns gestatten, statt importierten Pyrits die einheimischen Kalksulfate, Gips und Anhydrit, zur Gewinnung von Schwefeldioxyd und Schwefelsäure zu benutzen. Bei dem Verfahren der Farbenfabriken wird Gips mit Ton und ganz bestimmten Mengen Kohle im Drehrohrofen erhitzt und dabei neben Schwefeldioxyd Portlandzement gewonnen. Da in diesem Fall nur Kohlendioxyd als Abfallprodukt entsteht, hat das Verfahren große wirtschaftliche Vorteile. — Es werden so in Leverkusen schon jetzt monatlich 100 t Schwefeldioxyd und 1000 t Zement gewonnen.

Es geht nicht wohl an, im Rahmen dieses Berichtes die zahlreichen *Fachgruppenvorträge* zu behandeln. Allein schon die Sitzungen der Fachgruppe für anorganische Chemie nahmen zwei Tage und die der Fachgruppe für organische Chemie einen Tag in Anspruch, obgleich den Vortragenden die Redezeit sehr knapp bemessen war. In der Fachgruppe für anorganische Chemie fand auch eine Aussprache über *Nomenklaturfragen* statt; die Abänderungen des STOCKschen Systems, die hier vorgeschlagen wurden, bedeuten jedoch nach Auffassung vieler Fachgenossen keine Verbesserungen. Wie groß das Bedürfnis zum Zusammenschluß ist, geht daraus hervor, daß sowohl die *Sprengstoffchemiker* wie die *Wasserchemiker* die Bildung neuer Fachgruppen beschlossen haben.

Die *IV. Ausstellung für chemisches Apparatewesen „Achema IV"*, war in der städtischen Ausstellungshalle im Luitpoldhain untergebracht. Vermöge der anfeuernden Wirksamkeit des Begründers dieser Ausstellungen, Dr. MAX BUCHNER, Hannover, und der umsichtigen Leitung durch Dr. STEPHAN, Hannover, übertraf sie an Ausdehnung und Wert des Gebotenen alle früheren derartigen Unternehmungen. Trotz der Ungunst der Zeiten hatten sich die meisten größeren und viele kleinere Werke entschlossen, den versammelten Chemikern ihre Neukonstruktionen von Maschinen und Apparaten vorzuführen.

Über Papain-Lipase. (MARTA SANDBERG und ERWIN BRAND, Journ. of biol. chem. **64**, 59—70. New York, Montefiore Hospital.) Die Verff. stellten im käuflichen Papain die Anwesenheit einer stark wirkenden Lipase fest. Die Untersuchung erfolgte nach den von WILLSTÄTTER und Mitarbeitern angegebenen Methoden. Die Papain-Lipase spaltet höhere Glyceride und niedere Ester. Das Enzym ist in Wasser unlöslich und entfaltet seine optimale Tätigkeit bei einer Temperatur von 35—40° C und einem p_H von 5,8—6,2 in Gegenwart von Acetatpuffer. In verschiedenen Handelszubereitungen des Papains variierte der Lipasegehalt stark. Zusatz von Eieralbumin, HCN oder gallensauren Salzen übte auf die lipolytische Tätigkeit des Papains weder in saurem noch in alkalischem Milieu einen Einfluß aus. Glycerin hemmt bei saurer und neutraler Reaktion, aktiviert dagegen im alkalischen p_H-Bereich. Calciumchlorid wirkt in alkalischem Medium unter Änderung des p_H fördernd, doch wird diese Wirkung in Anwesenheit von Eieralbumin abgeschwächt. Diese letztere Wirkung läßt sich auch beim gereinigten Fermentpräparat feststellen. Die Verseifung folgt innerhalb eines bestimmten Bereiches der Regel von SCHÜTZ. Das Ferment ist gegenüber proteolytischen Enzymen verhältnismäßig beständig. Die Reinigung der Lipase erfolgt durch Behandeln des Handelspapains mit Wasser. Papain-Lipase unterscheidet sich von Ricinus-Lipase durch ihr p_H-Optimum und durch die Aktivierbarkeit mit $CaCl_2$ in alkalischem Medium.

Bemerkung über die Beziehung zwischen Insulin und Trypsin. (ERWIN BRAND und MARTA SANDBERG, Proc. of the soc. f. exp. biol. a. med. **22**, 428. 1925. New York, Montefiore Hospital.) Es werden die in der Literatur vorliegenden, zum Teil einander widersprechenden Arbeiten über die Beziehungen zwischen Insulin und Trypsin besprochen. Eigene Versuche der Verff., die mit einem aus trockenem Pankreas her-

[1]) „Die Naturwissenschaften" **13**, 567. 1925.

gestellten Trypsinpräparat arbeiteten, hatten folgendes Ergebnis: Weder in Gegenwart von Insulin noch nach vorheriger Behandlung mit Insulin konnte bei verschiedenen Wasserstoffionenkonzentrationen ein Unterschied in der Aktivität des Trypsins festgestellt werden. Dagegen hemmt das Trypsin die Wirkung des Insulins zuerst reversibel, später irreversibel. Die Verff. glauben, daß weitere Untersuchungen über die Wirkung des Insulin-Enzyms die Entscheidung bringen werden, ob proteolytische Fermente ohne Bildung einer Intermediärverbindung zwischen Enzym und Substrat ihre Tätigkeit entfalten können. E. SIMON.

Astronomische Mitteilungen.

Untersuchungen über die Sonnencorona. Die Gesamthelligkeit der Corona ist bei der Sonnenfinsternis am 24. Januar 1925 von KUNZ und STEBBINS[1]) mit Hilfe von lichtelektrischen Zellen untersucht worden. Eine gleiche Bestimmung ist bei der Finsternis von 1918 ausgeführt worden; die Vergleichung der beiden Resultate konnte deshalb über eine Verschiedenheit der Coronahelligkeit im Fleckenmaximum- und -minimum Aufschluß geben. Zur Verwendung kamen dieselben beiden Zellen, die 1918 benutzt wurden, und auch die Eichung konnte mit denselben 3 Normallampen wie damals vorgenommen werden. Die beiden Zellen wurden in zwei ganz gleichen und parallelen Rohren auf einer Fernrohrmontierung angebracht. Auf jede Zelle fiel das Licht eines kreisförmigen Himmelsausschnittes von 2° Radius. Wenn die Sonne in der Mitte des Feldes gehalten wurde, kam also die Strahlung der ganzen Corona zur Geltung. Der Betrag des vom Hintergrund herrührenden Lichtes wurde dadurch bestimmt, daß nach jeder Messung des Finsternisfeldes ein etwa 8° abseits liegendes Himmelsfeld gemessen wurde. Eine Unsicherheit birgt die Berücksichtigung der Extinktion in der Atmosphäre in sich, da die Höhe der Sonne über dem Horizont nur 17° betrug. Die Ergebnisse für 1918 und 1925 sind:

	Helligkeit der Corona in Meterkerzen	
	1918	1925
Beobachtet	0,60	0,29
Ohne Extinktion .	1,07	0,93
(etwa = $^1/_2$ der Vollmondhelligkeit)		

Der Unterschied kann allein durch die Unsicherheit der Extinktion erklärt werden. Eine merkliche Änderung in der Helligkeit der Corona vom Maximum zum Minimum der Sonnenfleckentätigkeit scheint also nicht stattzufinden.

Während bei dieser Untersuchung die Zusammensetzung der Coronastrahlung nicht weiter beachtet und durch die Benutzung derselben Zellen nur dafür gesorgt wird, daß in den beiden verglichenen Fällen dasselbe Wellenlängengebiet zur Wirkung kommt, gehen ebenfalls bei der letzten Finsternis vorgenommene Beobachtungen von STETSON und COBLENTZ[2]) darauf aus, die Art der Coronastrahlung zu erkunden. Damit alle Wellenlängen erfaßt werden, wird eine Thermosäule mit Flußspatfenster in Verbindung mit einem Spiegelteleskop benutzt. Die Nullstellung der Apparatur wurde dadurch erhalten, daß man die beiden Lötstellen vor und nach jeder Coronamessung auf die dunkle Mondscheibe brachte. Die Messung der Coronastrahlung bezieht sich auf einen Punkt der inneren Corona in 2′ Abstand vom Sonnenrande, einmal westlich und einmal östlich. Bei einem ersten Messungssatz fiel die Strahlung unmittelbar durch das Flußspatfenster auf die Zelle (Wellen bis 12 μ), bei einem zweiten Satz mußte die Strahlung vorher eine Glycerinzelle passieren, die ebenso wie die Wasserzelle nur die Wellen zwischen 0,3 und 1,4 μ durchläßt. Aus den Messungen ergibt sich, daß die kurzwellige Strahlung nur etwa 33% der Gesamtstrahlung ausmacht. Das ist ein erheblich kleinerer Anteil als bei der Strahlung der Sonne; die für die innere Corona gefundenen Intensitätsverhältnisse entsprechen einem schwarzen Körper von 3000°. Das bedeutet scheinbar einen Widerspruch zu dem Resultat LUDENDORFFS[1]), der eine vollständige Übereinstimmung des Coronaspektrums mit dem Sonnenspektrum fand. In den Beobachtungen liegt aber kein Gegensatz; denn die Untersuchung LUDENDORFFS bezieht sich auf das Gebiet zwischen 0,382 und 0,484 μ, während bei STETSON und COBLENTZ die Wellen zwischen 8 und 12 μ den Unterschied zwischen Corona und Sonne bringen. Beide Beobachtungsergebnisse nebeneinander würden darauf hinweisen, daß neben der reflektierten Sonnenstrahlung noch eine Eigenstrahlung von niedriger Temperatur vorhanden ist. Im Zusammenhang hiermit wird darauf hingewiesen, daß es NICHOLS und HOWES[2]) gelungen ist, von Oxyden bei Temperaturen von 1100—1500° Emissionen zwischen 4500 und 5200 AE zu erhalten, in einem Gebiet also, in dem auch die grüne Emissionslinie der Corona liegt.

Eine theoretische Untersuchung von ANDERSON[3]) führt zu Schlußfolgerungen, die an die Beobachtungsergebnisse von LUDENDORFF und COBLENTZ erinnern. Nach der Zurückweisung aller anderen vermuteten Ursachen für die Coronastrahlung geht ANDERSON so vor: Er macht die Annahme, daß sich die Corona im adiabatischen Gleichgewicht befindet. Er kann dann zu jedem angenommenen Molekulargewicht der Coronamaterie die Temperatur errechnen, die an der unteren Grenze der Corona herrschen muß, wenn die beobachtete Ausdehnung der Corona herauskommen soll. Es zeigt sich, daß selbst Wasserstoff ganz unmögliche Temperaturen fordern würde (einige Millionen Grade) und erst nahe dem Molekulargewicht $^1/_{2000}$ vernünftige Werte erreicht werden. Für einen schwarzen Körper ist an der unteren Coronagrenze eine Temperatur von etwa 4500° anzunehmen, und das führt zu einem Molekulargewicht zwischen $^1/_{1764}$ und $^1/_{1965}$, also ziemlich genau auf das Atomgewicht des Elektronengases ($^1/_{1823 \cdot 2}$). Durch Streuung an Elektronen (die deshalb auch LUDENDORFF vermutet hat) läßt sich die vollständige Übereinstimmung des Coronaspektrums mit dem Photosphärenspektrum erklären. W. KRUSE.

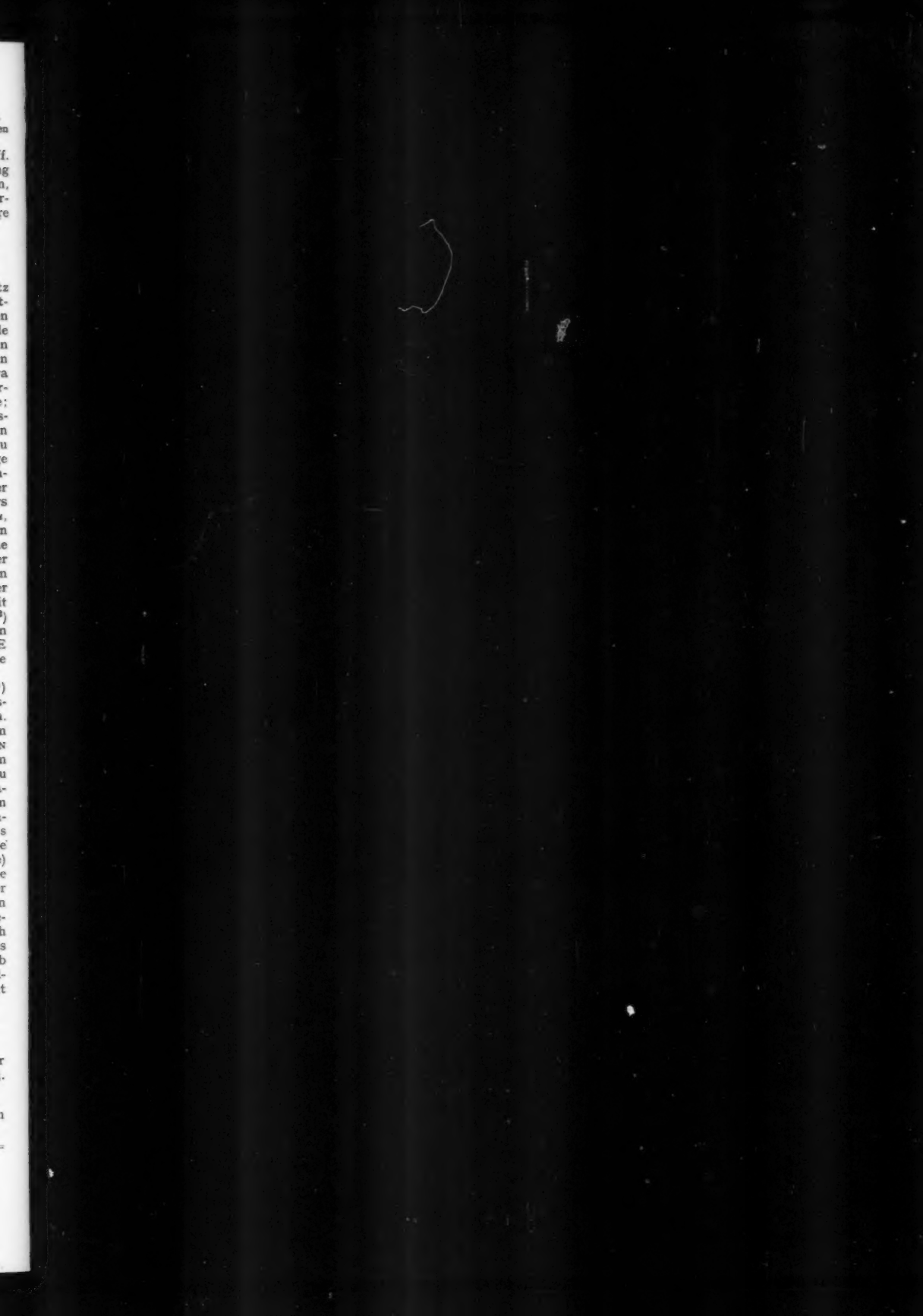
[1]) A photographic comparison of the solar coronas of 1918 and 1925. Astroph. journ. **62**, 114.

[2]) Measures of the radiation of the solar corona of January 24, 1925. Astroph. journ. **62**, 128.

[1]) Siehe Naturwissenschaften **13**, 700.

[2]) Physical. review (2), **19**, 300. 1922.

[3]) W. ANDERSON, Die physikalische Natur der Sonnencorona. Zeitschr. f. Phys. **33**, 273 und **34**, 453. 1925.

Dr. W. KOLHÖRSTER deponierte am 16. Januar 1926 bei der Schriftleitung der Naturwissenschaften einen verschlossenen Briefumschlag, enthaltend seine neuen Ergebnisse über Höhenstrahlung.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.